



Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»

«Сыктывкарса вör промышленносьт техникум»
уджикасö велöдан канму учреждение

Утверждаю

Директор СПОУ «СЛТ»

И.Н. Герко

30.08.2019 г.



Комплект
контрольно-оценочных средств по профессиональному модулю

ПМ.01 Монтаж приборов и электрических схем систем автоматики

программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих
по профессии

15.01.31 Мастер контрольно – измерительных приборов и автоматики

Разработчик:

СПОУ «СЛТ»

преподаватель дисциплин
общепрофессионального
и профессионального цикла

О.В. Исакова

Эксперты от работодателя:

И.И. Герко
(место работы)

И.И. Герко
(занимаемая должность)



Герко И.И.
(Ф.И.О.)

Сыктывкар
2019

1. Общие положения

Результатом освоения профессионального модуля является готовность студента к выполнению вида профессиональной деятельности

монтаж приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии

с требованиями охраны труда и экологической безопасности

и составляющих его профессиональных компетенций, а также общие компетенции, формирующиеся в процессе освоения ППКРС в целом.

Формой аттестации по профессиональному модулю является экзамен (квалификационный). Итогом этого экзамена является однозначное решение: «вид профессиональной деятельности «освоен / не освоен».

2. Результаты освоения модуля, подлежащие проверке

2.1. Профессиональные и общие компетенции

В результате контроля и оценки по профессиональному модулю осуществляется комплексная проверка следующих профессиональных и общих компетенций

Профессиональные компетенции	Показатели оценки результата
ПК 1. Осуществлять подготовку к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа.	<ol style="list-style-type: none">1. Выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа.2. Пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различных степеней сложности.
ПК 2. Определять последовательность и оптимальные способы монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации.	<ol style="list-style-type: none">1. Читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы.2. Составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники.3. Рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств.
ПК 3. Производить монтаж приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием с соблюдением требований к качеству выполненных работ, требований охраны труда, бережливого производства и экологической безопасности.	<ol style="list-style-type: none">1. Использовать монтажный инструмент и приспособления.2. Применять безопасные приёмы выполнения монтажа.3. Безопасно выполнять монтажные работы.4. Производить оценку качества выполненной работы в соответствии с заданием.5. Соблюдать нормы и правила охраны труда.
Общие компетенции	Показатели оценки результата
ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.	<ol style="list-style-type: none">1. Распознавание сложных проблемных ситуаций в различных контекстах.2. Проведение анализа сложных ситуаций при решении задач профессиональной деятельности.3. Определение этапов решения задачи.4. Определение потребности в

	<p>информации.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Осуществление эффективного поиска. 6. Выделение всех возможных источников нужных ресурсов, в том числе неочевидных. 7. Разработка детального плана действий. 8. Оценка рисков на каждом шагу. 9. Оценивает плюсы и минусы полученного результата, своего плана и его реализации, предлагает критерии оценки и рекомендации по улучшению плана.
ОК 2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Планирование информационного поиска из широкого набора источников, необходимого для выполнения профессиональных задач. 2. Проведение анализа полученной информации, выделяет в ней главные аспекты. 3. Структурировать отобранную информацию в соответствии с параметрами поиска. 4. Интерпретация полученной информации в контексте профессиональной деятельности.
ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование актуальной нормативно-правовой документацию по профессии. 2. Применение современной научной профессиональной терминологии. 3. Определение траектории профессионального развития и самообразования.
ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Участие в деловом общении для эффективного решения деловых задач. 2. Планирование профессиональной деятельности.
ОК 5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Грамотно устно и письменно излагать свои мысли по профессиональной тематике на государственном языке. 2. Проявление толерантности в рабочем коллективе.
ОК 6. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе общечеловеческих ценностей.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понимать значимость своей профессии. 2. Демонстрация поведения на основе общечеловеческих ценностей.
ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Соблюдение правил экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности. 2. Обеспечивать ресурсосбережение на рабочем месте.
ОК 8. Использовать средства физической культуры для сохранения и	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сохранение и укрепление здоровья посредством использования средств

укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержание необходимого уровня физической подготовленности.	физической культуры. 2. Поддержание уровня физической подготовленности для успешной реализации профессиональной деятельности.
ОК 9. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.	1. Применение средств информатизации и информационных технологий для реализации профессиональной деятельности.
ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.	1. Применение в профессиональной деятельности инструкций на государственном и иностранном языке. 2. Ведение общения на профессиональные темы.
ОК 11. Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.	1. Определение инвестиционную привлекательность коммерческих идей в рамках профессиональной деятельности. 2. Составлять бизнес план. 3. Презентовать бизнес-идею. 4. Определять источники финансирования. 5. Применять грамотные кредитные продукты для открытия дела.

1.2. Иметь практический опыт – уметь – знать

В результате изучения профессионального модуля студент должен:

иметь практический опыт:

ПО 1.	в подготовке к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа;
ПО 2.	определении последовательности и оптимальных систем монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации;
ПО 3.	монтаже приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием с соблюдением требований к качеству выполнения работ.

уметь:

У 1	выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа;
У 2	пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различной степени сложности;
У 3	читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы;
У 4	составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники;
У 5	рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств;
У 6	производить расшивку проводов и жгутование;
У 7	производить лужение, пайку проводов;
У 8	сваривать провода;
У 9	производить электромонтажные работы с электрическими кабелями, производить печатный монтаж;
У 10	производить монтаж электрорадиоэлементов;
У 11	прокладывать электрические проводки в системах контроля и регулирования и

	производить их монтаж;
У 12	производить монтаж трубных проводок в системах контроля и регулирования;
У 13	производить монтаж щитов, пультов, стативов;
У 14	оценивать качество результатов собственной деятельности;
У 15	безопасно выполнять монтажные работы;
У 16	оформлять сдаточную документацию.

знать:

3 1	конструкторскую, производственно-технологическую и нормативную документацию, необходимую для выполнения работ;
3 2	инструменты и приспособления для различных видов монтажа;
3 3	характеристики и области применения электрических кабелей;
3 4	элементы микроэлектроники, их классификацию, типы, характеристики и назначение, маркировку;
3 5	коммутационные приборы, их классификацию, область применения и принцип действия; состав и назначение основных блоков систем автоматического управления и регулирования;
3 6	состав и назначение основных элементов систем автоматического управления; конструкцию микропроцессорных устройств;
3 7	принципиальные электрические схемы и схемы соединений, условные изображения и маркировку проводов;
3 8	особенности схем промышленной автоматики, телемеханики, связи;
3 9	функциональные и структурные схемы программируемых контроллеров;
3 10	основные принципы построения системы управления на базе микропроцессорной техники;
3 11	способы макетирования схем;
3 12	методы расчёта отдельных элементов регулирующих устройств;
3 13	назначение и области применения пайки, лужения;
3 14	виды соединения проводов;
3 15	технология процесса установки крепления и пайки радиоэлементов;
3 16	классификацию электрических проводок, их назначение;
3 17	трубные проводки, их классификацию и назначение, технические требования к ним;
3 18	конструкцию и размещение оборудования, назначение, способы монтажа различных приборов и систем автоматизации;
3 19	общие требования к автоматическому управлению и регулированию производственных и технологических процессов;
3 20	методы измерения качественных показателей работы систем автоматического управления и регулирования;
3 21	принципы установления режимов работы отдельных устройств, приборов и блоков;
3 22	технология сборки блоков аппаратуры различных степеней сложности;
3 23	способы проверки работоспособности элементов волновой техники;
3 24	требования безопасности труда и бережливого производства при производстве монтажа;
3 25	нормы и правила пожарной безопасности при проведении монтажных работ;
3 26	последовательность и требуемые характеристики сдачи выполненных работ;
3 27	правила оформления сдаточной технической документации.

2. Формы промежуточной аттестации по профессиональному модулю

Элемент модуля	Форма контроля и оценивания	
	Промежуточная аттестация	Текущий контроль
МДК 01.01	Экзамен	Выполнение практических заданий
МДК 01.02	Экзамен	Выполнение практических заданий
МДК 01.03	Дифференцированный зачёт	Выполнение практических заданий
УП.01	Дифференцированный зачёт	Выполнение тестовых и учебно-производственных работ
ПП.01	Дифференцированный зачёт	Выполнение тестовых заданий
ПМ.01	Экзамен (квалификационный)	Выполнение учебно-производственных работ

3. Оценка освоения междисциплинарных курсов

МДК.01.01	Средства автоматизации и измерения технологического процесса
МДК.01.02	Монтаж средств автоматизации
МДК.01.03	Система охраны труда и промышленная экология

3.1. Основные положения

Предметом оценки являются умения и знания. Контроль и оценка осуществляется с использованием следующих форм и методов: для проведения текущего и рубежного контроля – практические задания, для промежуточной аттестации – экзамен.

3.2. Комплекты контрольно-оценочных средств по

МДК. 01.01	Средства автоматизации и измерения технологического процесса
------------	--



**Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»**

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК «Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ О.В. Исакова

Комплект контрольно-оценочных средств по

МДК 01.01 _____ Средства автоматизации и измерения технологического процесса

Форма контроля:

текущий

Тип контрольного задания:

практическая работа

Проверяемые результаты обучения:

ПК.1, ПК.2, ПК.3

ОК.1, ОК.2, ОК.3, ОК.4, ОК.5, ОК.6, ОК.7,

ОК.8, ОК.9, ОК.10, ОК.11

Критерии оценки

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	1. дан полный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. ответ самостоятельный.
«Хорошо» - 4	1. дан правильный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, или некоторая неполнота ответа, шероховатость в изложении материала.
«Удовлетворительно» - 3	1. материал в основном изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки; 2. ответ неполный, построен несвязно, с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«Неудовлетворительно» - 2	ответ обнаруживает незнание или непонимание большей и наиболее существенной части учебного материала

Составитель:

Исакова О.В. _____ преподаватель дисциплин общепрофессионального и профессионального цикла

Практическая работа № 1

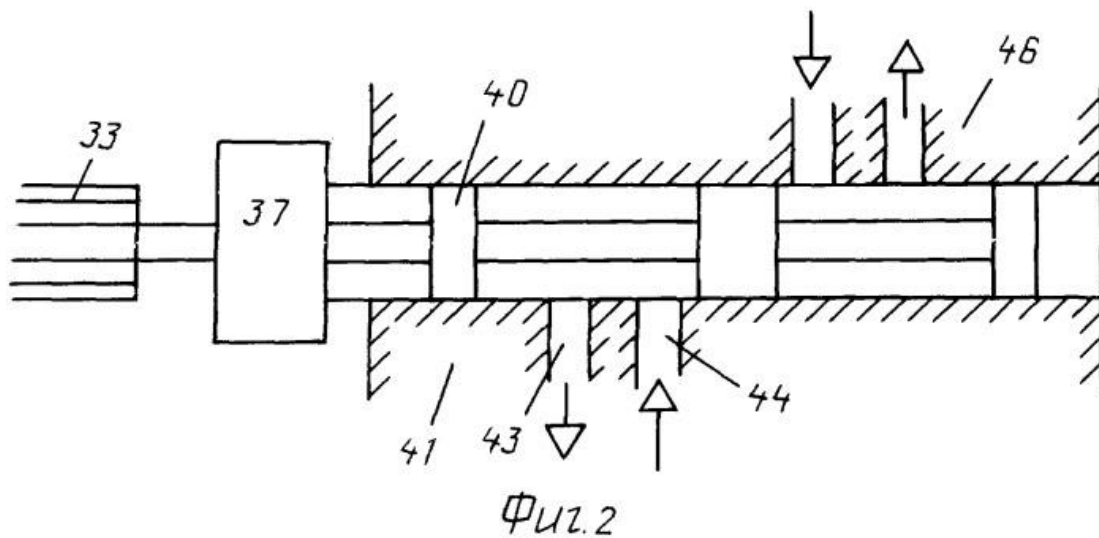
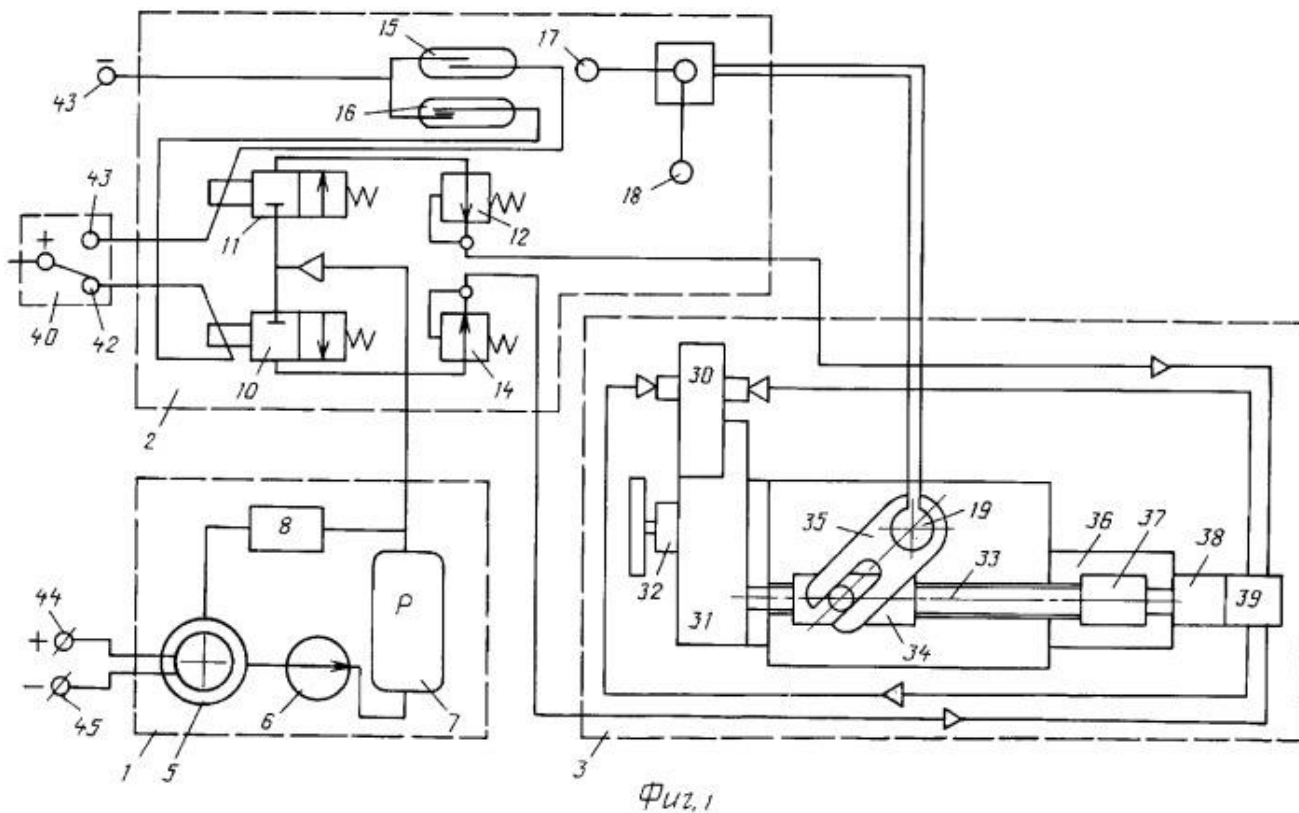
Исследование работы электропневматических приводных механизмов

Цель работы	Приобретение обучающимися навыков чтения принципиальных пневматических и электрических схем систем управления приводом, а также их монтажа и наладки.
Нормативные документы	Патент http://www.findpatent.ru/patent/236/2367827.html
Состав лабораторного стенда	компрессор, блок подготовки воздуха, панели для набора пневматических схем и комплект пневматических и электропневматических устройств.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Назначение электропневматического привода.
 - b. Изучите схему электропневматического привода (Фиг.1, Фиг.2) и дайте описание его устройства.
 - c. К какой области техники относится данное изобретение.
 - d. Изучите виды электропневматических приводов предшествующих моделей, опишите их технические недостатки.
 - e. Перечислите технические задачи и их решение, которые были устранены в данной конструкции электропневматического привода.
 - f. Перечислите результаты которые были достигнуты при применении данного типа электропневматического привода.
 - g. Составьте алгоритм работы электропневматического привода.

Электропневматический привод для запорно-регулирующей арматуры газо-, нефте- и продуктопроводов



Привод предназначен для управления регулирующих органов арматуры, в частности шаровых кранов газопроводов.

Привод содержит электропневматическое управляющее устройство, пневматический струйный двигатель, редуктор, кулисно-винтовой поворотный механизм. Привод содержит также компрессор, вход которого соединен с электродвигателем, а выход - с ресивером, выход которого соединен со входом электропневматического управляющего устройства.

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области пневмомашиностроения, в частности к механизмам, предназначенным для осуществления перестановки (поворота) затворов шаровых кранов при дистанционном и местном управлении.

Предшествующий уровень техники

Известен пневматический привод с поршневым двигателем, содержащий пневмоцилиндры, поршни, поворотный механизм, конечные выключатели (см., например, А.Ф. Гуревич и др. Справочник по арматуре для газо- и нефтепроводов, Ленинград, «Недра», 1988 г., стр.346).

Техническими недостатками этого привода являются наличие второго рабочего тела (масла или специальной жидкости); наличие мягких подвижных трущихся уплотнений (поршневых колец), возможность несанкционированного поворота выходного вала привода (затвора шарового крана) под действием потока транспортируемого газа. Техническим недостатком привода является также то, что рабочий газ, забираемый непосредственно из газопровода, после прохода через привод выбрасывается непосредственно в окружающую среду, что наносит ущерб экологии.

Известен пневматический привод со струйным двигателем (например, патент РФ №2131065 «Пневматический привод Саяпина и электропневматическое управляющее устройство»), содержащий электропневматическое управляющее устройство, струйный двигатель, редуктор, кулисно-винтовой поворотный механизм. Привод, в отличие от предыдущего, не требует второго рабочего тела, не имеет подвижных трущихся уплотнений. Основным его техническим недостатком, как и у предыдущего привода, является то, что выхлоп отработанного газа, также забираемого непосредственно из газопровода, происходит в окружающую среду, что наносит ущерб экологии окружающей среды.

Известен также электрогидравлический привод, содержащий поршневой гидравлический двигатель. Источник гидроснабжения представляет собой гидропневмоаккумулятор, содержащий две полости: одну, содержащую рабочую жидкость, вторую, содержащую сжатый газ (азот); гидронасос, приводимый в действие электродвигателем; систему управления источником питания и гидродвигателем.

Техническими недостатками данного привода являются:

- наличие двух рабочих тел, газа и жидкости;
- наличие подвижных трущихся уплотнений;
- наличие двух полостей с переменным объемом (газовой и гидравлической) и необходимость обеспечения герметичности переменной газовой полости при высоком давлении газа в ней (до 30 МПа);
- сложность системы управления приводом («Приводы и устройства управления. Тип SST», рекламные материалы фирмы Schuck).

Раскрытие сущности изобретения

Технической задачей изобретения является:

- создание экологически чистого привода для запорно-регулирующей арматуры газо-, нефте- и продуктопроводов;
- расширение диапазона применения приводов как на газонапорных станциях, так и на магистральных газопроводах;
- повышение надежности работы привода.

Эта техническая задача решается тем, что в электропневматическом приводе, содержащем последовательно соединенные источник питания и исполнительный привод, выходной элемент которого соединен с входным элементом арматуры, источник питания выполнен в виде последовательно соединенных электродвигателя, пневмонасоса и ресивера, выход которого соединен со входом исполнительного привода, который выполнен в виде пневматического привода со струйным двигателем, содержащим последовательно соединенные электропневматическое управляющее устройство, струйный двигатель, механический редуктор с

ручным дублером, кулисно-винтовой поворотный механизм, включающий в себя ходовой винт, соединенный с устройством поглощения кинетической энергии подвижных частей привода, кулису, вход которой связан через ходовую гайку с ходовым винтом, а выход - с выходным валом привода.

Эта техническая задача решается также тем, что привод снабжен устройством ограничения максимальной величины движущего момента привода.

Технический результат, достигаемый настоящим изобретением, состоит в следующем.

Экологическая чистота привода обеспечивается за счет того, что рабочим телом привода является сжатый воздух.

Расширение области применения приводов достигается за счет того, что рабочим телом привода является сжатый воздух, что позволяет применять привода как на магистральных газопроводах, так и в закрытых помещениях, не ухудшая состояния окружающей среды.

Повышение надежности работы электропневматического привода достигается за счет того, что исполнительный привод выполнен в виде пневматического привода со струйным двигателем, который не требует наличия второго рабочего тела (масла или специальной жидкости), не имеет подвижных трущихся уплотнений. Повышение надежности достигается также за счет того, что в восстанавливаемом источнике энергии емкость, содержащая рабочее тело (сжатый воздух), выполнена в виде ресивера (баллона).

Повышение надежности электропневматического привода достигается за счет того, что источник питания выполнен в виде последовательно соединенных электродвигателя, пневмонасоса (компрессора) и ресивера, выход которого соединен со входом исполнительного привода, который выполнен в виде пневматического привода со струйным двигателем, содержащим последовательно соединенные электропневматическое управляющее устройство, струйный двигатель, механический редуктор с ручным дублером, кулисно-винтовой поворотный механизм, включающий в себя ходовой винт, соединенный с устройством поглощения кинетической энергии подвижных частей привода, кулису, вход которой через ходовую гайку связан с ходовым винтом, а выход - с выходным валом привода.

Изобретение поясняется далее описанием примера осуществления со ссылкой на чертежи, где изображены:

на Фиг.1 - схема электропневматического привода;

на Фиг.2 - схема устройства ограничения максимальной величины движущего момента привода.

Электропневматический привод (Фиг.1) содержит последовательно соединенные источник пневмопитания 1, электропневматическое управляющее устройство 2, пневматический привод со струйным двигателем 3. Источник питания 1 включает в себя последовательно соединенные электродвигатель 5, пневмонасос 6, ресивер 7, систему управления электродвигателем 8. Электропневматическое устройство управления 2 включает в себя электропневмоклапаны 10 и 11, регуляторы давления газа 12, 14, нормально замкнутые герконы 15, 16, постоянные магниты 17, 18, соединенные с выходным валом привода 19. Пневматический привод со струйным двигателем 3 включает в себя струйный двигатель 30, редуктор 31 с ручным дублером 32, ходовой винт 33, через ходовую гайку 34 соединенный с кулисой 35, устройство поглощения кинетической энергии подвижных частей привода 36, содержащее упругий элемент 37, при этом ходовой винт 33 соединен через механическую передачу 38 с устройством ограничения движущего момента струйного двигателя 39 (Фиг.1, 2), выполненного в виде золотника 40, помещенного в гильзу 41 с окнами 43, 44, 45, 46, соединенным с входами в

струйный двигатель. На Фиг.1 изображены также задающее устройство 40 с «ключом» 41, контактами 42, 43, клеммы внешней электросети 42, 43, 44, 45. Обозначено также давление P в ресивере 7.

Электропневматический привод работает следующим образом. В исходном положении электродвигатель 5 подключен к клеммам 44, 45, а ресивер 7 заполнен сжатым воздухом до давления P , и ключ 41 находится в среднем (нейтральном) положении. При повороте ключа на клемму 42 (как показано на Фиг.1) поступает электрический сигнал (напряжение), который подается на обмотку электропневмоклапан 10 и далее через нормально замкнутый геркон 16 на клемму 43. В результате протекания тока по цепи срабатывает нормально закрытый электропневмоклапан 10 и открывает доступ сжатому воздуху из ресивера 7 через регулятор давления 14 и нормально открытый ограничитель движущего момента струйного двигателя 39 в двигатель 30. Ротор двигателя (не показан) начинает вращаться и через редуктор 31 передает вращение ходовому винту 33 и через ходовую гайку 34 поворачивает кулису 35 и через нее выходной вал привода 19. Одновременно с валом 19 поворачиваются постоянные магниты 17 и 18 (в данном случае - по часовой стрелке). При повороте вала 19 на 90° и посадке кулисы на механический упор магнит 18 подходит к геркону 16 и размыкает его контакты, разрывая электроцепь между клеммами 41 и 43. В результате электропневмоклапан 10 закрывается, прекращая доступ сжатого газа в струйный двигатель 30. При «посадке» кулисы на механический упор (не показан) ротор струйного двигателя и ходовой винт 33 продолжают вращаться по инерции. При этом ходовой винт перемещается в осевом направлении внутри неподвижной ходовой гайки и сжимает упругий элемент 37 до тех пор, пока вся кинетическая энергия подвижных частей не преобразуется в потенциальную энергию упругого элемента 37. Начальная сила поджатия упругого элемента 37 соответствует усилию на оси ходового винта 33, необходимому для создания требуемого движущего момента на выходном валу пневмопривода.

Если по каким-либо причинам, например, вследствие нарушения работы регуляторов давления 12 и 14, струйный двигатель начинает развивать движущий момент больше допустимого, происходит дополнительное поджатие упругого элемента 37 и перемещение золотника 40, который перекрывает одно из окон, например, 45, что приводит к уменьшению подачи сжатого воздуха в двигатель 30, и тем самым к уменьшению величины движущего момента двигателя.

При работе пневмопривода вследствие расхода газа в течение нескольких секунд происходит падение давления в ресивере 7. При этом система 8 управления электродвигателем 5 (устройство системы в заявку не входит) включает электродвигатель 5, который приводит в действие пневмонасос 6 (мини компрессор), который закачивает сжатый воздух в ресивер в течение времени между рабочими циклами пневмопривода до величины максимального давления, после чего система 8 отключает двигатель 5. Таким образом, происходит восстановление энергосодержанием источника питания 1. Масса сжатого воздуха в ресивере при полном давлении обеспечивает 3-4-кратную перестановку регулирующего органа арматуры.

1. Электропневматический привод, содержащий последовательно соединенные источник питания и исполнительный привод, выходной элемент которого соединен с входным элементом арматуры, отличающийся тем, что источник питания выполнен в виде последовательно соединенных электродвигателя, пневмонасоса и ресивера, выход которого соединен со входом исполнительного привода, который выполнен в виде пневматического привода со струйным двигателем, содержащим последовательно соединенные электропневматическое управляющее устройство, струйный двигатель, механический редуктор с ручным дублером, кулисно-винтовой поворотный механизм, включающий в себя ходовой винт, соединенный с устройством

поглощения кинетической энергии подвижных частей привода, кулису, вход которой через ходовую гайку связан с ходовым винтом, а выход - с выходным валом привода.

2. Привод по п.1, отличающийся тем, что он снабжен устройством ограничения максимальной величины движущего момента привода.

Практическая работа № 2

Исследование работы электрогидравлических приводных механизмов

Цель работы Приобретение обучающимися навыков чтения принципиальных пневматических и электрических схем систем управления приводом, а также их монтажа и наладки.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Функции и назначение гидропривода.
 - b. Виды гидроприводов и их применение.
 - c. Классификация гидродвигателей по характеру движения выходного звена.
 - d. Начертите схемы и опишите принцип работы саморегулируемых гидроприводов.
 - e. Дайте понятие кавитации и приведите примеры.
 - f. Опишите работу гидроприводов с замкнутой и разомкнутой схемой циркуляции.
 - g. Классификация гидроприводов по источнику подачи рабочей жидкости.
 - h. Начертите структуру гидропривода и укажите на ней все рабочие органы.
 - i. Начертите чертеж и опишите принцип работы золотникового гидрораспределителя.
 - j. Понятие степень свободы. Количество степеней свободы.
 - k. Преимущества и недостатки гидроприводов.

История развития гидропривода

Гидравлические технические устройства известны с глубокой древности. Например, насосы для тушения пожаров существовали ещё во времена **Древней Греции**.

Однако, как целостная система, включающая в себя и **насос**, и **гидродвигатель**, и **устройства распределения жидкости**, гидропривод стал развиваться в последние 200—250 лет.

Одним из первых устройств, ставших прообразом гидропривода, является **гидравлический пресс**. В **1795 году** патент на такое устройство получил Джозеф Брама (**англ. Joseph Bramah**), которому помогал Генри Модели, и в 1797 году первый в истории гидравлический пресс был построен.

В конце XVIII века появились первые **грузоподъёмные устройства** с гидравлическим приводом, в которых **рабочей жидкостью** служила вода. Первый **подъёмный кран** с гидравлическим приводом был введён в эксплуатацию в **Англии** в 1846—1847 годах, и со второй половины XIX века гидропривод находит широкое применение в грузоподъёмных машинах.

Создание первых гидродинамических передач связано с развитием в конце XIX века судостроения. В то время в морском флоте стали применять быстроходные **паровые машины**. Однако, из-за **кавитации**, повысить число оборотов гребных винтов не удавалось. Это потребовало применения дополнительных механизмов. Поскольку технологии в то время не позволяли изготавливать высокооборотистые шестерённые передачи, то потребовалось создание принципиально новых передач. Первым таким устройством с относительно высоким **КПД** явился изобретённый немецким профессором **Г.**

Фётингером гидравлический трансформатор (патент 1902 года), представлявший собой объединённые в одном корпусе насос, турбину и неподвижный реактор. Однако первая применённая на практике конструкция гидродинамической передачи была создана в 1908 году, и имела КПД около 83 %. Позднее гидродинамические передачи нашли применение в автомобилях. Они повышали плавность трогания с места. В 1930 году Гарольд Синклер (англ. *Harold Sinclair*), работая в компании Даймлер, разработал для автобусов трансмиссию, включающую гидромуфту и планетарную передачу. В 1930-х годах производились первые дизельные локомотивы, использовавшие гидромуфты.

В СССР первая гидравлическая муфта была создана в 1929 году.

В 1882 году компания Армстронг Уитворс представила экскаватор, в котором впервые ковш имел гидравлический привод. Один из первых гидрофицированных экскаваторов был произведён французской компанией Rosclain в 1951 году. Однако эта машина не могла поворачивать башню на 360 градусов. Первый полноповоротный экскаватор с гидроприводом был представлен этой же фирмой в 1960-м году. В начале 1970-х годов гидрофицированные экскаваторы, обладавшие большей производительностью и простотой управления, в основном, вытеснили с рынка своих предшественников — экскаваторы на канатной тяге.

Первый патент, связанный с гидравлическим усилением, был получен Фредериком Ланчестером в Великобритании в 1902 году. Его изобретение представляло собой «усилительный механизм, приводимый посредством гидравлической энергии». В 1926 году инженер подразделения грузовиков компании Пирс Эрроу (англ. *Pierce Arrow*) продемонстрировал в компании "Дженерал моторс" гидроусилитель руля с хорошими характеристиками, однако автопроизводитель посчитал, что эти устройства будут слишком дорогими, чтобы выпускать их на рынок. Первый предназначенный для коммерческого использования гидроусилитель руля был создан компанией Крайслер в 1951 году, и сейчас большинство новых автомобилей укомплектовывается подобными устройствами.

Фирма Хонда после представления гидростатической трансмиссии в 2001 году для своей модели мотовездехода FourTrax Rubicon, анонсировала в 2005-м году мотоцикл Honda DN-01 с гидростатической трансмиссией, включающей насос и гидромотор. Модель начала продаваться на рынке в 2008 году. Это была первая модель транспортного средства для автодорог, в котором использовалась гидростатическая трансмиссия.

Перспективы развития

Перспективы развития гидропривода во многом связаны с развитием электроники. Так, совершенствование электронных систем позволяет упростить управление движением выходных звеньев гидропривода. В частности, в последние 10-15 лет стали появляться бульдозеры, управление которыми устроено по принципу джойстика.

С развитием электроники и вычислительных средств связан прогресс в области диагностирования гидропривода. Процесс диагностирования некоторых современных машин простыми словами может быть описан следующим образом. Специалист подключает переносной компьютер к специальному разъёму на машине. Через этот разъём в компьютер поступает информация о значениях диагностических параметров от множества датчиков, встроенных в гидросистему. Программа или специалист анализирует полученные данные и выдаёт заключение о техническом состоянии машины, наличии или отсутствии неисправностей и их локализации. По такой схеме осуществляется диагностирование, например, некоторых современных ковшовых погрузчиков. Развитие вычислительных средств позволит усовершенствовать процесс диагностирования гидропривода и машин в целом.

Важную роль в развитии гидропривода может сыграть создание и внедрение новых конструкционных материалов. В частности, развитие нанотехнологий позволит повысить прочность материалов, что позволит уменьшить массу гидрооборудования и его геометрические размеры, повысить его надёжность. С другой стороны, создание прочных и одновременно эластичных материалов позволит, например, уменьшить недостатки многих гидравлических машин, в частности, увеличить развиваемое [диафрагменными насосами](#) давление.

В последние годы наблюдается существенный прогресс в производстве [уплотнительных устройств](#). Новые материалы обеспечивают полную герметичность при давлениях до 80 МПа, низкие коэффициенты трения и высокую надёжность.

Гидравлический привод (гидропривод) — совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством [гидравлической](#) энергии.

Гидропривод представляет собой своего рода «вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом) и выполняет те же функции, что и [механическая передача](#) ([редуктор](#), [ремённая передача](#), [кривошипно-шатунный механизм](#) и т. д.).

Функции гидропривода

Основная функция гидропривода, как и механической передачи, — преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.). Другая функция гидропривода — это передача мощности от приводного двигателя к рабочим органам машины (например, в одноковшовом экскаваторе — передача мощности от двигателя внутреннего сгорания к [ковшу](#) или к [гидродвигателям](#) привода [стрелы](#), к гидродвигателям поворота башни и т. д.).

В общих чертах, передача мощности в гидроприводе происходит следующим образом:

1. Приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал [насоса](#), который сообщает энергию рабочей жидкости.
2. [Рабочая жидкость](#) по [гидролиниям](#) через регулирующую аппаратуру поступает в гидродвигатель, где гидравлическая энергия преобразуется в механическую.
3. После этого рабочая жидкость по гидролиниям возвращается либо в [бак](#), либо непосредственно к насосу.

Виды гидроприводов

Гидроприводы могут быть двух типов: гидродинамические и объёмные.

- В [гидродинамических приводах](#) используется в основном [кинетическая энергия](#) потока жидкости (и соответственно скорости движения жидкостей в гидродинамических приводах велики в сравнении со скоростями движения в объёмном гидроприводе).

- В [объёмных гидроприводах](#) используется [потенциальная энергия](#) давления рабочей жидкости (в объёмных гидроприводах скорости движения жидкостей невелики — порядка 0,5-6 м/с).

Объёмный гидропривод — это гидропривод, в котором используются объёмные гидромашины ([насосы](#) и [гидродвигатели](#)). Объёмной называется [гидромашина](#), рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении её из рабочей камеры. К объёмным машинам относят, например, [поршневые насосы](#), [аксиально-поршневые](#), [радиально-поршневые](#), [шестерённые](#) гидромашины и др.

Одна из особенностей, отличающая объёмный гидропривод от гидродинамического, — большие давления в гидросистемах. Так, [номинальные давления](#) в гидросистемах [экскаваторов](#) могут достигать 32 МПа, а в некоторых случаях [рабочее](#)

давление может быть более 300 МПа, в то время как гидродинамические машины работают обычно при давлениях, не превышающих 1,5—2 МПа.

Объёмный гидропривод намного более компактен и меньше по массе, чем гидродинамический, и поэтому он получил наибольшее распространение.

В зависимости от конструкции и типа входящих в состав гидропередачи элементов объёмные гидроприводы можно классифицировать по нескольким признакам.

По характеру движения выходного звена гидродвигателя

Гидропривод вращательного движения, когда в качестве гидродвигателя применяется **гидромотор**, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает неограниченное вращательное движение;

Гидропривод поступательного движения, у которого в качестве гидродвигателя применяется **гидроцилиндр** — двигатель с возвратно-поступательным движением ведомого звена (штока поршня, плунжера или корпуса);

Гидропривод поворотного движения, когда в качестве гидродвигателя применён **поворотный гидродвигатель**, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает возвратно-поворотное движение на угол, меньший 270° ;

По возможности регулирования если скорость выходного звена (гидроцилиндра, гидромотора) регулируется изменением частоты вращения двигателя, приводящего в работу насос, то гидропривод считается нерегулируемым.

Регулируемый гидропривод

в котором в процессе его эксплуатации скорость выходного звена гидродвигателя можно изменять по требуемому закону. В свою очередь регулирование может быть:

- дроссельным
- объёмным
- объёмно-дроссельным.

Регулирование может быть: **ручным** или **автоматическим**.

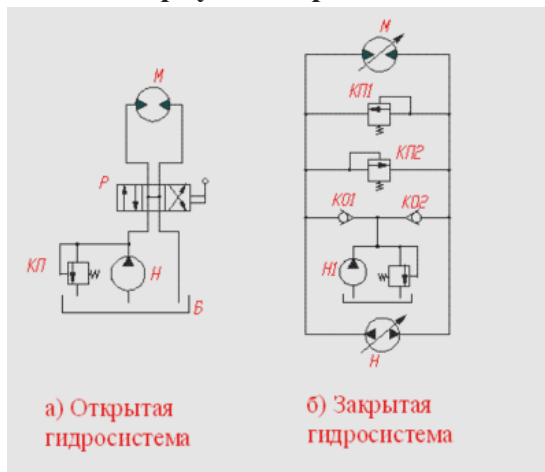
В зависимости от задач регулирования гидропривод может быть:

- стабилизированным
- программным
- следящим (гидроусилители).

Саморегулируемый гидропривод

автоматически изменяет подачу жидкости по фактической потребности гидросистемы в режиме реального времени (без фазового сдвига).

По схеме циркуляции рабочей жидкости



Гидросистемы с замкнутой схемой циркуляции рабочей жидкости (справа) и с разомкнутой схемой (слева). На схеме слева всасывающая и сливная гидролинии сообщаются с баком (разомкнутая схема); на схеме справа бак используется только для вспомогательной гидросистемы (системы подпитки). Н и Н1 — насосы; М — гидромотор; Р — гидрораспределитель; Б — гидробак; Н1 — насос системы подпитки; КП1, КП2, — Предохранительные клапана; КО1 и КО2 — обратные клапана. Предохранительные клапана КП (на схеме слева), КП1 и КП2 (на схеме справа) срабатывают в тот момент, когда нагрузка на валу гидромотора слишком велика, и давление в гидросистеме превышает допустимую величину. Обратные клапана КО1 и КО2 срабатывают тогда, когда давление слишком мало, и возникает опасность кавитации

Кавитация - процесс парообразования и последующего схлопывания пузырьков пара с одновременным конденсированием пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну.

Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия. Перемещаться в среде возникновения не может. Кавитация разрушает поверхность гребных винтов, гидротурбин, акустических излучателей, деталей амортизаторов, гидромуфт и др. Кавитация также приносит пользу — её применяют в промышленности, медицине, военной технике и других смежных областях.

Гидропривод с замкнутой схемой циркуляции

В котором рабочая жидкость от гидродвигателя возвращается во всасывающую гидролинию насоса.

Гидропривод с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости компактен, имеет небольшую массу и допускает большую частоту вращения ротора насоса без опасности возникновения кавитации, поскольку в такой системе во всасывающей линии давление всегда превышает атмосферное. К недостаткам следует отнести плохие условия для охлаждения рабочей жидкости, а также необходимость спускать из гидросистемы рабочую жидкость при замене или ремонте гидроаппаратуры.

Гидропривод с разомкнутой системой циркуляции

в котором рабочая жидкость постоянно сообщается с гидробаком или атмосферой.

Достоинства такой схемы — хорошие условия для охлаждения и очистки рабочей жидкости. Однако такие гидроприводы громоздки и имеют большую массу, а частота вращения ротора насоса ограничивается допускаемыми (из условий бескавитационной работы насоса) скоростями движения рабочей жидкости во всасывающем трубопроводе.

По источнику подачи рабочей жидкости

Насосный гидропривод

В насосном гидроприводе, получившем наибольшее распространение в технике, механическая энергия преобразуется насосом в гидравлическую, носитель энергии — рабочая жидкость, нагнетается через напорную магистраль к гидродвигателю, где энергия потока жидкости преобразуется в механическую. Рабочая жидкость, отдав свою энергию

гидродвигателю, возвращается либо обратно к насосу (замкнутая схема гидропривода), либо в бак (разомкнутая или открытая схема гидропривода). В общем случае в состав насосного гидропривода входят гидropередача, гидроаппараты, кондиционеры рабочей жидкости, гидроёмкости и гидрролинии.

Наибольшее применение в гидроприводе получили аксиально-поршневые, радиально-поршневые, пластинчатые и шестерённые насосы.

Магистральный гидропривод

В магистральном гидроприводе рабочая жидкость нагнетается насосными станциями в напорную магистраль, к которой подключаются потребители гидравлической энергии. В отличие от насосного гидропривода, в котором, как правило, имеется один (реже 2-3) генератора гидравлической энергии (насоса), в магистральном гидроприводе таких генераторов может быть большое количество, и потребителей гидравлической энергии также может быть достаточно много.

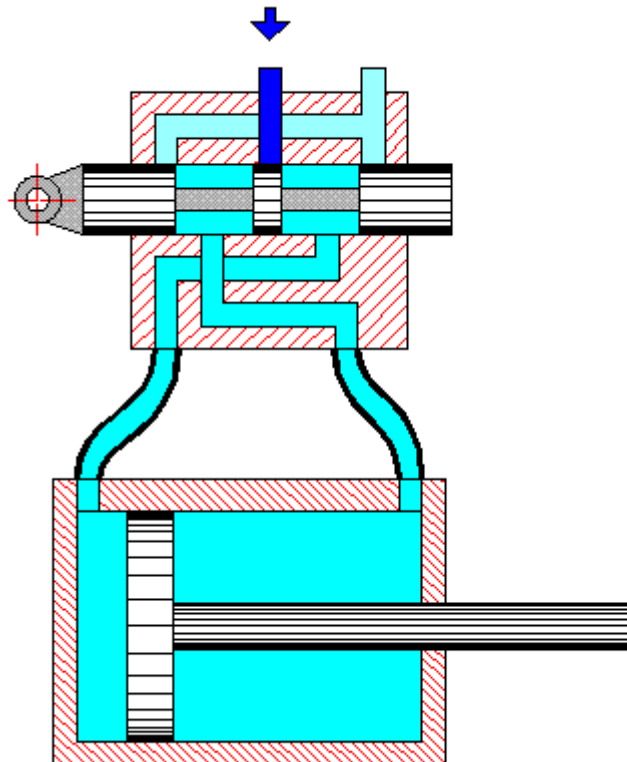
Аккумуляторный гидропривод

В аккумуляторном гидроприводе жидкость подаётся в гидрролинию от заранее заряженного гидроаккумулятора. Этот тип гидропривода используется в основном в машинах и механизмах с кратковременными режимами работы.

По типу приводящего двигателя

Гидроприводы бывают с электроприводом, приводом от ДВС, турбин и т. д.

Структура гидропривода



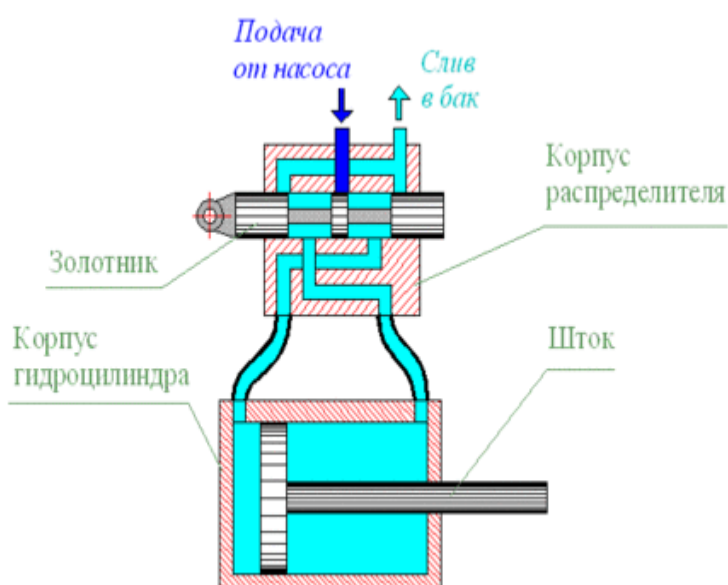
Обязательными элементами гидропривода являются насос и гидродвигатель. Насос является источником гидравлической энергии, а гидродвигатель — её потребителем, то есть преобразует гидравлическую энергию в механическую. Управление движением выходных звеньев гидродвигателей осуществляется либо с помощью регулирующей аппаратуры — дросселей, гидрораспределителей и др., либо путём изменения параметров самого гидродвигателя и/или насоса.

Также обязательными составными частями гидропривода являются гидролинии, по которым жидкость перемещается в гидросистеме.

Критически важной для гидропривода (в первую очередь объёмного) является очистка рабочей жидкости от содержащихся в ней (и постоянно образующихся в процессе работы) абразивных частиц. Поэтому системы гидропривода обязательно содержат фильтрующие устройства (например, масляные фильтры), хотя принципиально гидропривод некоторое время может работать и без них.

Поскольку рабочие параметры гидропривода существенно зависят от температуры рабочей жидкости, то в гидросистемах в некоторых случаях, но не всегда, устанавливают системы регулирования температуры (подогревающие и/или охлаждающие устройства).

Принцип действия золотникового гидрораспределителя управляющего движением штока гидроцилиндра.



Золотниковый гидрораспределитель гидравлический распределитель, в котором запорно-регулирующим элементом служит золотник. В качестве золотника чаще всего выступает плунжер переменного диаметра (рис. 1). Однако известны и другие конструкции золотников. В корпусе золотникового распределителя может также располагаться переливной клапан.

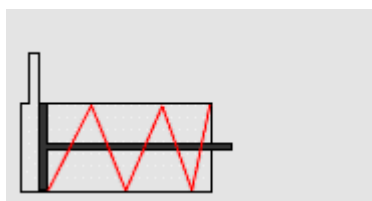
В простейшем случае золотник может занимать 3 позиции.

В нейтральном положении, показанном на рис. 1, каналы

распределителя закрыты и жидкость **не** поступает от насоса ни в одну из полостей гидроцилиндра — шток остаётся в покое. При смещении золотника влево рабочая жидкость по каналам в корпусе распределителя и по трубопроводам поступает в левую полость гидроцилиндра, и шток выдвигается.

Если же золотник сместить вправо от нейтрального положения, то рабочая жидкость будет поступать уже в правую полость гидроцилиндра, а из левой полости пойдёт на слив в гидробак. В этом положении золотника шток вдвигается.

Стоит отметить, что при подаче жидкости в левую полость гидроцилиндра (в поршневую полость), шток движется с меньшей скоростью, чем при подаче в правую полость (штоковую полость). Это объясняется тем, что часть объёма штоковой полости занимает шток, и эта полость заполняется быстрее. Эти выкладки верны, если подача жидкости остаётся постоянной.



Гидроцилиндр (гидравлический цилиндр) — объёмный гидродвигатель возвратно-поступательного движения. Принцип действия гидроцилиндров во многом схож с принципом действия пневмоцилиндров.

Количество степеней свободы гидросистем

Количество степеней свободы гидравлической системы может быть определено простым подсчётом количества независимо управляемых гидродвигателей.

Степень свободы - это совокупность независимых координат перемещения и/или вращения, полностью определяющая положение системы или тела (а вместе с их производными по времени — соответствующими скоростями) - полностью определяющая состояние механической системы или тела - то есть их положение и движение). Это фундаментальное понятие применяется в теоретической механике, теории механизмов и машин, машиностроении, авиации и теории летательных аппаратов, робототехнике и других областях.

Область применения

Объёмный гидропривод применяется в горных и строительно-дорожных машинах. В настоящее время более 50% общего парка мобильных строительно-дорожных машин является гидрофицированной. Это существенно отличается от ситуации 30-х - 40-х годов 20-го века, когда в этой области применялись в основном механические передачи.

В станкостроении гидропривод также широко применяется, однако в этой области он испытывает высокую конкуренцию со стороны других видов привода^[1].

Широкое распространение получил гидропривод в авиации. Насыщенность современных самолётов системами гидропривода такова, что общая длина трубопроводов современного пассажирского авиалайнера может достигать нескольких километров.

В автомобильной промышленности самое широкое применение нашли гидроусилители руля, существенно повышающие удобство управления автомобилем. Эти устройства являются разновидностью следящих гидроприводов. Гидроусилители применяют и во многих других областях техники (авиации, тракторостроении, промышленном оборудовании и др.).

В некоторых танках, например, в японском танке Тип 10, применяется гидростатическая трансмиссия, представляющая собой, по сути, систему объёмного гидропривода движителей. Такого же типа трансмиссия устанавливается и в некоторых современных бульдозерах.

В целом, границы области применения гидропривода определяются его преимуществами и недостатками.

Преимущества

1. возможность универсального преобразования механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки;
2. простота управления и автоматизации;
3. простота предохранения приводного двигателя и исполнительных органов машин от перегрузок; например, если усилие на штоке гидроцилиндра становится слишком большим (такое возможно, в частности, когда шток, соединённый с рабочим органом, встречает препятствие на своём пути), то давление в гидросистеме достигает больших значений — тогда срабатывает предохранительный клапан в гидросистеме, и после этого жидкость идёт на слив в бак, и давление уменьшается;
4. надёжность эксплуатации;
5. широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости выходного звена; например, диапазон регулирования частоты вращения гидромотора может составлять от 2500 об/мин до 30-40 об/мин, а в некоторых случаях, у гидромоторов специального исполнения, доходит до 1-4 об/мин, что для электромоторов трудно реализуемо;
6. большая передаваемая мощность на единицу массы привода; в частности, масса гидравлических машин примерно в 10-15 раз меньше массы электрических машин такой же мощности;

7. самосмазываемость трущихся поверхностей при применении минеральных и синтетических масел в качестве рабочих жидкостей; нужно отметить, что при техническом обслуживании, например, мобильных строительно-дорожных машин на смазку уходит до 50% всего времени обслуживания машины, поэтому самосмазываемость гидропривода является серьёзным преимуществом;
8. возможность получения больших сил и мощностей при малых размерах и весе передаточного механизма;
9. простота осуществления различных видов движения — поступательного, вращательного, поворотного;
10. возможность частых и быстрых переключений при возвратно-поступательных и вращательных прямых и реверсивных движениях;
11. возможность равномерного распределения усилий при одновременной передаче на несколько приводов;
12. упрощённость компоновки основных узлов гидропривода внутри машин и агрегатов, в сравнении с другими видами приводов.

Недостатки

1. утечки рабочей жидкости через уплотнения и зазоры, особенно при высоких значениях давления в гидросистеме, что требует высокой точности изготовления деталей гидрооборудования;
2. нагрев рабочей жидкости при работе, что приводит к уменьшению вязкости рабочей жидкости и увеличению утечек, поэтому в ряде случаев необходимо применение специальных охлаждающих устройств и средств тепловой защиты;
3. более низкий КПД чем у сопоставимых механических передач;
4. необходимость обеспечения в процессе эксплуатации чистоты рабочей жидкости, поскольку наличие большого количества абразивных частиц в рабочей жидкости приводит к быстрому износу деталей гидрооборудования, увеличению зазоров и утечек через них, и, как следствие, к снижению объёмного КПД;
5. необходимость защиты гидросистемы от проникновения в неё воздуха, наличие которого приводит к нестабильной работе гидропривода, большим гидравлическим потерям и нагреву рабочей жидкости;
6. пожароопасность в случае применения горючих рабочих жидкостей, что налагает ограничения, например, на применение гидропривода в горячих цехах;
7. зависимость вязкости рабочей жидкости, а значит и рабочих параметров гидропривода, от температуры окружающей среды;
8. в сравнении с пневмо- и электроприводом — невозможность эффективной передачи гидравлической энергии на большие расстояния вследствие больших потерь напора в гидролиниях на единицу длины.

Практическая работа № 3

Исследование работы приводных механизмов асинхронного трехфазного двигателя

Цель работы — изучение работы АД с приводными механизмами.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Произведите выбор АД с приводным механизмом, обоснуйте выбор.

Электрический двигатель работает непосредственно с приводным механизмом. Поэтому выбор двигателя (в дальнейшем речь идет об асинхронных двигателях – АД) состоит в сопоставлении его свойств со свойствами приводного механизма и с параметрами окружающей среды. Основная задача: найти наиболее экономичный вариант функционирования системы «двигатель - приводной механизм» [1]. В табл.1 указаны условия эксплуатации, параметры двигателя и приводного механизма, которые необходимо сопоставить при выборе двигателя.

Условия эксплуатации	Параметры, характеризующие механизм и условия эксплуатации	Параметры двигателя	Комментарии по выбору двигателя
Вид выполняемой работы	Нагрузочная диаграмма, режим работы, момент инерции механизма, механическая характеристика механизма	Номинальная мощность, механическая характеристика, частота вращения	Выбор типоразмера двигателя
Атмосферные воздействия	Температура окружающей среды, влажность, атмосферное давление, загазованность, запыленность	Номинальная мощность, степень защиты, покрытие, смазка	Уточнение номинальной мощности, выбор климатической модификации, степени защиты, смазки
Механические воздействия	Способ сочленения двигателя с механизмом, механические воздействия со стороны фундамента и со стороны механизма	Допустимые нагрузки на подшипники, допустимые нагрузки на вал, вибростойкость	Проверка механической прочности двигателя
Установка	Требуемая точность установки, исполнение механизма по способу монтажа	Точность выполнения установочных размеров, исполнение по способу монтажа	Выбор исполнения по способу монтажа и точности установочных размеров
Подключение к сети	Напряжение и частота сети	Напряжение и частота сети	Выбор двигателя по напряжению и частоте сети
Влияние на механизм и окружающую среду	Допустимые уровни шума и вибрации механизма, эстетические требования	Уровни шума и вибрации двигателя, эстетический уровень	Выбор двигателя по уровням шума и вибрации
Экономические показатели	Стоимость отказа, длительность нагружения в год, коэффициент загрузки, стоимость электроэнергии, стоимость компенсации реактивной мощности	Надежность и долговечность, наличие встроенной защиты, КПД, коэффициент мощности	Сравнение вариантов по приведенным затратам

Двигатель выбирают:

- по номинальной мощности;
- по частоте вращения;
- по модификации;
- по условиям окружающей среды;
- по точности установочных и присоединительных размеров;
- по способу монтажа;
- по допустимой частоте пуска;
- по способу защиты;
- по уровню шума;
- по допустимым нагрузкам на подшипник;
- по основным техническим параметрам.

Выбор двигателя по номинальной мощности

Для расчета мощности, кВт, и вращающего момента, Н·м, на валу двигателя следует пользоваться формулами:

вращательное движение

$$P = \frac{Mn}{9,55} 10^{-3};$$

$$M = \frac{9,55}{n} P \cdot 10^3;$$

подъем груза

$$P = \frac{kmgv}{\eta} 10^{-3};$$

привод вентилятора

$$P = \frac{Qp}{\eta} 10^{-3},$$

где k — коэффициент, учитывающий действие противовеса; v — скорость подъема груза, м/с; Q — расход воздуха, м³/с; p — давление на выходе вентилятора, Па; g — ускорение свободного падения, м/с²; η — КПД вентилятора, подъемника; m — масса, кг.

Полученные значения мощности увеличивают до ближайшего каталожного значения номинальной мощности АД.

При этом, необходимо учитывать в каком **режиме** будет работать двигатель. На практике редко полностью совпадают режимы работы двигателя и приводного механизма. В зависимости от режима работы двигателя (S1-S8) его температурное состояние будет различным, а, следовательно, двигатель может допускать большую мощность на валу, например, в режиме S2, чем в режиме S1.

Пример 1. Выбрать двигатель для вентилятора, работающего в режиме S1 и имеющего следующие выходные параметры:

Расход воздуха Q , м³/с	5
Давление на выходе P , Па	1050
КПД	0,78
Частота вращения n , об/мин	1000

Необходимая мощность двигателя

$$P = \frac{QP}{1000\eta} = \frac{5 \cdot 1050}{1000 \cdot 0,78} = 6,73 \text{ кВт.}$$

Ближайший по мощности двигатель 4A132M6, $P=7,5$ кВт, $n=970$ об/мин.

Пример 2. Выбрать двигатель для кратковременного режима работы S2 при подъеме груза:

Масса груза m , кг	8000
Коэффициент, учитывающий противовес, k	0,5
Скорость подъема v , м/с	0,1
Высота подъема h , м	6,0
КПД подъемника	0,8
Частота вращения двигателя n , об/мин	1500
Время подъема $t=h/v=60/0,1$, с	600
Коэффициент увеличения мощности K_p	1,5

Мощность двигателя

$$P = \frac{kmgv \cdot 10^{-3}}{K_p \eta} = \frac{8000 \cdot 0,5 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 0,8} = 3,27 \text{ кВт.}$$

Ближайший по мощности двигатель 4A100L4 ($P=4,0$ кВт, $n=1430$ об/мин).

Выбор двигателя по модификации

Согласно ГОСТ Р 51689-2000 модификация: «разновидность двигателя, создаваемая на основе двигателя, принятого за базовое исполнение, с целью расширения или специализации сферы его использования».

Двигатель, изготовленный на основе узлов основных (базовых) двигателей имеет необходимые конструктивные отличия по способу монтажа, степени защиты, климатическому исполнению и другими параметрам.

Создание двигателей с различной модификацией позволяем наиболее эффективное его использование в каждом конкретном случае применения.

В табл.2 даны различные варианты приводных механизмов с целью подбора требуемой модификации двигателя.

Наименование механизмов	Кратность момента по отношению к статическому моменту механизма		Характерные режимы работы	Характерная частота вращения, $n-1$
	пускового	максимального		
Насосы: центробежные, осевые вакуум-насосы поршневые	0,3 0,3 1—1,5	1,5 1,4 2,0	S1—S3	1—30
Вентиляторы: центробежные, осевые дымососы	0,3 0,5	1,1—1,3 1,75	S1	1—6
Шнеки	1—1,5; 2—3	2—2,5; 2,5—3	S1	1—6
Манипуляторы, толкатели, кантователи	2,5—3	2,5—3	S1—S5	1—6
Задвижки	3—3,5	3—3,5	S1—S3	6—30
Центрифуги, сепараторы	2,25	2,25	S1	1—6
Машины барабанного типа	1,25	2,5	S1—S4	1—6
Компрессоры: лопаточные объемные	0,3 2—2,5	1,5 2—2,5	S1	1—6
Подъемники	1,4	1,4	S2, S3, S6	30—200
Дробилки	1—1,5	2,5	S1, S2	1—6
Буровые станки	1—1,5	2,5	S1	1—6
Пилы	1,0	1,5	S1, S3	6—120
Вибраторы	2—2,5	2—2,5	S1—S3	1—30

Кузнечно-прессовые машины (прессы, мо- лоты)	2,75—3	2,75—3	S3—S6	1—6
Преобразователи энер- гии	0,5	1,5	S1	1—6
Зачистные, шлифо- вальные, щеточно-мо- счные машины	0,5	1,5	S1, S2	1—6
Металлорежущие станки (главный при- вод)	1,2; 2,0	1,5; 2,5	S1, S3 S6	1—6
Прядильные машины	2,2—2,5	2,5—2,7	S1	1—30
Ткацкие станки	2,2—2,5	2,5—2,7	S1	1—100
Питатели, дозаторы	3—3,5	3—3,5	S1—S3	1—30
Укладчики, штабеле- ры	1,5	2,5	S1—S4	1—100

Наименование механизмов	Средняя продолжительность работы в год, ч	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Коэффициент загрузки по мощности	Рекомендуемая модификация
Насосы:	1000—4000	0,1—360	3000, 1500	0,5—0,9	А А Р, С
центробежные, осевые					
вакуум-насосы поршневые					
Вентиляторы:	3000	0,1—100	3000, 1500, 1000, 750, МС	0,7—0,9	А
центробежные, осевые дымососы					
Шнеки	1000—1500	0,1—300	1500, 1000	0,7—0,8	А, Р
Манипуляторы, толкатели, кантователи	500—1500	0,1—30	1500, 1000, МС	0,4—0,8	А, С
Задвижки	500—1000	0,1—10	1500, 1000, МС	0,7—0,8	А, С
Центрифуги, сепараторы	500—1000	0,1—300	1500, 1000	0,8—0,9	Р
Машины барабанного типа	3000	0,1—100	1500, 1000	0,7—0,9	А, С
Компрессоры:	1500—3000	0,1—300	3000, 1500	0,7—0,9	А, С
лопаточные					
объемные					
Подъемники	500—1500	0,1—50	1500, 1000, 750, МС	0,7—0,8	А, С
Дробилки	1500	1—100	1500, 1000, 750	0,4—0,9	А, Р
Буровые станки	3500	0,1—30	1500, 1000, 750	0,4—0,8	А, С
Пилы	3000	1—20	3000, 1500, 1000, МС	0,7—0,9	А

Наименование механизмов	Средняя продолжительность работы в год, ч	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Коэффициент загрузки по мощности	Рекомендуемая модификация
Вибраторы	3000	0,1—50	3000, 1500, 1000	0,3—0,9	Р
Кузнечно-прессовые машины (прессы, молоты)	500—3000	0,1—100	1500, 1000	0,25—0,9	С
Преобразователи энергии	3000—8000	2—100	3000, 1500	0,8	А, В
Зачистные, шлифовальные, щеточно-мочные машины	1500—5000	0,1—100	3000, 1500, 1000	0,7—0,9	А, В
Металлорежущие станки (главный привод)	1500	0,1—50	3000, 1500, 1000, МС	0,3—0,7	А, В, С
Прядильные машины	3000—5000	0,1—30	3000, 1500	0,6—0,9	Р
Ткацкие станки	3000—5000	0,2—30	1500, 1000	0,6—0,9	Р
Питатели, дозаторы	3000—8000	0,1—50	1500, 1000	0,7—0,9	С, Р
Укладчики, штабелеры	500—8000	0,1—5	1500, 1000, 750	0,7—0,9	А, С

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения двигателей: А — базового ряда, В — встроенные, Р — с повышенным пусковым моментом, С — с повышенным скольжением, МС — многоскоростные.

Практическая работа № 4

Исследование элементов релейно-контактной аппаратуры

Цель работы: Изучение видов релейно-контактной аппаратуры, устройства и принципа работы ее элементов

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - а. Общее назначение элементов релейно-контактной аппаратуры.
 - б. Перечислите электромеханические устройства, применяемые в системах автоматического регулирования.
 - в. Понятие «Электромагнитное реле».
 - г. Опишите назначение, устройство и принцип работы электромагнитного реле.
 - д. Опишите назначение, устройство и принцип работы теплового реле.
 - е. Область применения бесконтактных логических элементов.
 - ж. Опишите назначение, устройство и принцип работы электромагнитного реле.
 - з. Причислите логические элементы, используемые в релейно-контактной аппаратуре.
 - и. Опишите как обозначаются на схемах логические элементы и их состояния.

Во многих системах автоматического регулирования и управления систем ТГВ переключение отдельных цепей, их замыкание и размыкание выполняется с помощью электромеханических устройств: реле, контакторов, магнитных пускателей, автоматических воздушных выключателей. Автоматическое управление с применением реле, контакторов, магнитных пускателей, а также различных механических переключающих устройств называют релейно-контактным управлением. Замыкание или размыкание электрических цепей происходит в этом случае механическими контактами, которые приводятся в движение теми или иными способами.

Основу аппаратуры релейно-контактного управления составляют реле и контакторы. Применяются также магнитные пускатели – разновидности контакторов, а также автоматические воздушные выключатели – электромеханические устройства для нечастых включений и отключений электрических цепей и защиты их при коротких замыканиях и длительных перегрузках.

Электромагнитное реле – электромеханическое устройство, замыкающее или размыкающее электрические контакты под воздействием управляющего сигнала. Отечественной промышленностью выпускаются различные типы электромагнитных реле, отличающихся по конструкции, назначению и принципу действия.

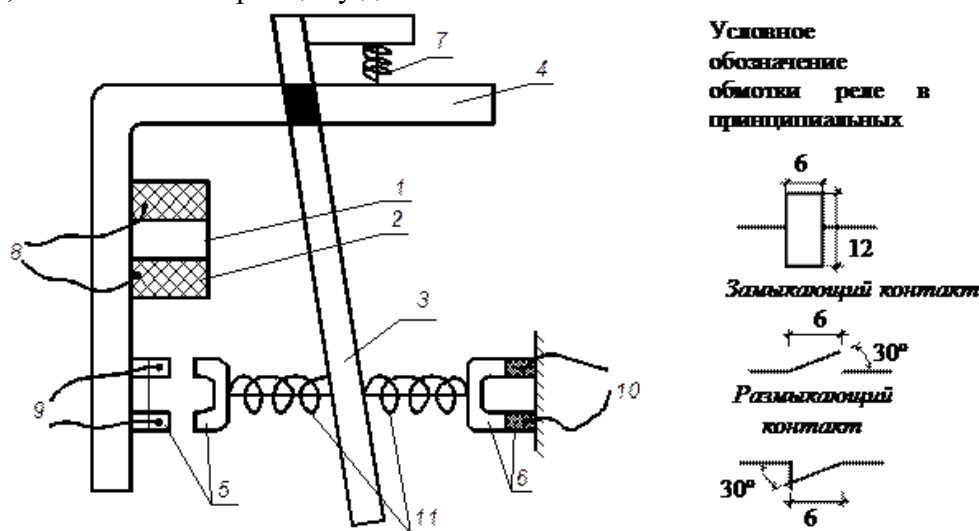


Рис. 1. Конструкция электромагнитного реле

Электромагнитное реле состоит из сердечника 1 (рис. 1), катушки 2, якоря 3, кронштейна 4, замыкающих и размыкающих контактов 5 и 6 и возвратной пружины 7. Выводы 8 катушки реле и контактов 9 и 10 подсоединяются к соответствующим цепям управления.

При протекании тока через обмотку 2 сердечник 1 намагничивается и притягивает якорь 3. Механическое движение якоря приводит к замыканию контакта 5 и размыканию контакта 6. В результате происходит замыкание или размыкание электрической цепи.

Контакты реле замыкают или размыкают преимущественно цепи управления, где ток не превышает нескольких ампер.

В зависимости от времени срабатывания контактов различают реле мгновенного действия и реле с выдержкой времени. В реле мгновенного действия контакты замыкаются (или размыкаются) практически сразу после поступления напряжения на катушку реле (или после исчезновения напряжения на катушке).

В реле с выдержкой времени контакты замыкаются или размыкаются не сразу после поступления на реле сигнала управления, а с некоторой выдержкой времени. Применение контактов реле с выдержкой времени вызвано практической необходимостью. Реле с выдержкой

времени используются, например, при автоматическом управлении пуском асинхронных двигателей с фазным ротором в крановых механизмах, конвейерах и других случаях, где требуется создать выдержку времени, необходимую для работы того или иного механизма.

Наиболее простым способом выдержка времени (до 10-12 с) при отпускании реле может быть создана, например, введением медной гильзы между обмоткой реле и сердечником. Выдержку времени можно создать и другими способами, например, вводя часовой механизм в конструкцию реле. Такие реле называются маятниковыми реле времени.

В некоторых типах реле времени имеется кулачковый распределительный вал, который приводится во вращение электродвигателем небольшой мощности. При вращении валика кулачковым механизмом замыкаются или размыкаются контакты в определённой последовательности через соответствующие промежутки времени. В таких реле выдержка времени может исчисляться от нескольких секунд до нескольких часов. Примером такой конструкции может быть электрический прибор КЭП-12, применяющийся при автоматизации, например, вентиляционных установок.

В отдельных случаях электромагнитные реле могут выполнять функцию защиты электроустановок.

Такую функцию выполняют реле максимального тока. Эти реле срабатывают при коротких замыканиях в электрических цепях и настраиваются на ток в обмотке реле, превышающий номинальный в 2-2,5...11 раз.

Для защиты электроустановок при длительных перегрузках применяются реле тепловые. Эти реле, в отличие от электромагнитных, катушек не имеют.

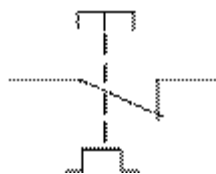
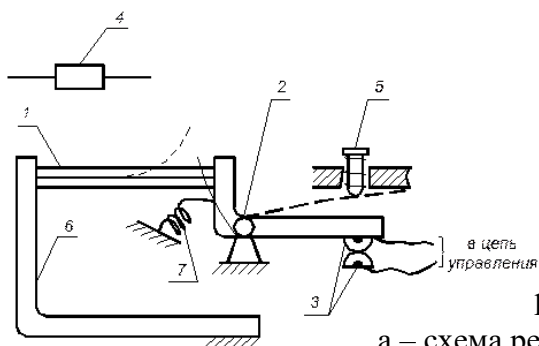


Рис. 2. Конструкция теплового

реле:
а – схема реле; б – условное обозначение контакта теплового реле в электрических схемах

В конструкцию теплового реле (рис. 2.) входит нагревательный элемент (нихромовая пластина или отрезок нихромовой проволоки) 4, включаемый в цепь главного тока, биметаллическая пластина 1, представляющая продольный спай инваровой и стальной пластин, защёлка 2, контактная система 3, основание 6. Если в цепи нагревательного элемента ток длительно превышает номинальный на 20-25 %, то происходит нагревание этого элемента, биметаллическая пластина нагревается и за счёт различного коэффициента линейного расширения инвара и стали изгибается, освобождая защёлку. Контакты 3 под действием пружины 7 размыкаются, в результате происходит отключение электроустановки от питающей сети. После остывания нагревательного элемента и биметаллической пластины контакт теплового реле может быть возвращён в исходное рабочее состояние кнопкой возврата 5.

Контактор – электромагнитный аппарат, предназначенный для замыкания и размыкания силовых цепей под нагрузкой. Под силовыми цепями, или цепями главного тока, понимаются цепи силовых потребителей. В таких цепях наблюдаются токи порядка десятков – сотен ампер. Контакторы не имеют принципиальных отличий при сравнении с электромагнитными реле.

Контакторы имеют устройства дугогашения и более массивны по сравнению с электромагнитными реле.

Магнитный пускатель – это контактор с встроенными тепловыми реле, применяется для включения силовых цепей (главными контактами) и цепей управления (вспомогательными контактами), а также для автоматической защиты электрических цепей при длительных перегрузках.

Автоматический воздушный выключатель (автомат) – это электромагнитный аппарат не дистанционного действия со встроенными реле максимального тока или тепловыми реле, применяется для включения и отключения электрических цепей и автоматической защиты их при коротких замыканиях и длительных перегрузках.

Развитие средств автоматического управления производственными процессами и возрастающие требования к устройствам автоматики привели к необходимости применения в них новых приборов и устройств, позволяющих решать задачи автоматического управления на более высоком уровне. К числу таких устройств относятся бесконтактные логические элементы, реализующие те или иные логические функции. Их применение в схемах автоматики вызвано тем, что при автоматическом управлении всевозможными технологическими процессами и машинами большинство выполняемых операций носит характер логических решений. Единичный простейший логический элемент реализует и простую логическую операцию.

Простейшую логическую функцию выполняют электромагнитные реле при замыкании или размыкании своего контакта. Логическая функция реле поясняется на рис. 3.

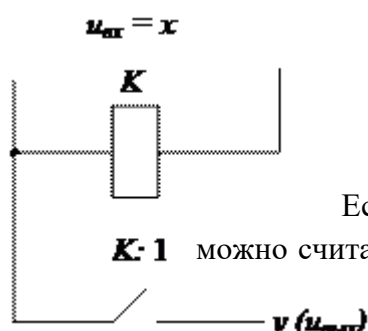


Рис. 3. Схема, поясняющая логическую функцию электромагнитного реле

Если на обмотку реле K подаётся управляющее напряжение, которое можно считать входным сигналом x реле, то реле срабатывает и замыкает контакт K, в результате замыканием контакта вырабатывается сигнал выхода y в виде управляющего напряжения. Замкнутое состояние контакта реле соответствует простейшей логической операции «Утверждение», называемой также операцией ДА (разрешение на включение). Размыкание контакта соответствует логической операции «Отрицание», или операции НЕ (запрет на включение устройства после размыкания контакта).

Логическая операция ДА соответствует условно названному состоянию логической единицы (логическая 1), а логическая операция НЕ соответствует состоянию логического нуля (логический 0). Такие же состояния можно перенести на входной сигнал x и выходной сигнал y : наличие сигнала соответствует состоянию логической единицы, отсутствие – состоянию логического нуля (для краткости $x = 0$ или $x = 1$; $y = 0$ или $y = 1$).

Релейно-контактная аппаратура, длительное время применявшаяся для замыкания и размыкания электрических цепей с помощью механического контакта и выполнения при этом различных логических операций, имеет ряд существенных недостатков: сравнительно низкую надёжность из-за обгорания контактов, большую массу и габариты, невозможность использования во взрывоопасных и агрессивных средах, значительное потребление энергии.

Современные технические средства промышленной электроники позволяют выполнять замыкание и размыкание электрической цепи на бесконтактном принципе. Для этих целей

применяются различные полупроводниковые устройства – преимущественно диоды и транзисторы.

Бесконтактные логические элементы, выполненные на основе полупроводниковых устройств, обладают целым рядом преимуществ, важнейшими из которых являются: долговечность работы, малые габариты, быстродействие, высокая чувствительность к входным управляющим сигналам, малая чувствительность к условиям внешней среды, отсутствие необходимости в постоянном эксплуатационном уходе, малое потребление энергии, низкая стоимость, технологичность изготовления, высокая надёжность.

Не вдаваясь в техническую реализацию логических элементов (внутреннюю структуру), можно анализировать их состояние, учитывая при этом, что значение сигнала выхода зависит от сигналов входа в соответствии с той функцией, которую выполняет тот или иной логический элемент. Логические элементы обозначают в соответствии с ГОСТ 2.743-82 упрощённым символом – прямоугольником, добавляя в прямоугольнике те или иные знаки. В соответствии с принятыми обозначениями, логический элемент ДА примет вид, как показано на рис. 4, а его состояние выразится такой записью: если $x = 1$, то $y = 1$; если $x = 0$, то $y = 0$.

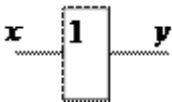


Рис. 4. Условное обозначение логического элемента ДА

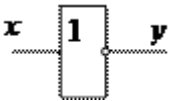


Рис. 5. Условное обозначение логического элемента НЕ

Логический элемент НЕ обозначается в соответствии с рис. 5, а его состояние можно представить записью: если $x = 1$, то $y = 0$; если $x = 0$, то $y = 1$.

Кроме простейших логических элементов, выполняющих функции ДА, НЕ, имеются другие, выполняющие более сложные логические функции. К ним относятся наиболее часто применяющиеся основные логические элементы ИЛИ, ИЛИ – НЕ, И, И – НЕ, ПАМЯТЬ. В этих логических элементах число входов всегда не менее двух. Условные обозначения основных логических элементов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1.

Условные обозначения логических элементов и их состояния		
Логический элемент	Условное обозначение	Возможные состояния
ИЛИ		$x_1 = 1 \ x_2 = 0 \ y = 1 \ x_1 = 0 \ x_2 = 1 \ y = 1 \ x_1 = 1 \ x_2 = 1 \ y = 1 \ x_1 = 0 \ x_2 = 0 \ y = 0$
ИЛИ – НЕ		$x_1 = 1 \ x_2 = 0 \ y = 0 \ x_1 = 0 \ x_2 = 1 \ y = 0 \ x_1 = 1 \ x_2 = 1 \ y = 0 \ x_1 = 0 \ x_2 = 0 \ y = 1$
И		$x_1 = 1 \ x_2 = 0 \ y = 0 \ x_1 = 0 \ x_2 = 1 \ y = 0 \ x_1 = 1 \ x_2 = 1 \ y = 1 \ x_1 = 0 \ x_2 = 0 \ y = 0$
И – НЕ		$x_1 = 1 \ x_2 = 0 \ y = 1 \ x_1 = 0 \ x_2 = 1 \ y = 1 \ x_1 = 1 \ x_2 = 0 \ y = 0 \ x_1 = 0 \ x_2 = 0 \ y = 1$
ПАМЯТЬ		$x_1 = 1 \ x_2 = 0 \ y_1 = 1 \ y_2 = 0 \ x_1 = 0 \ x_2 = 1 \ y_1 = 0 \ y_2 = 1$

В соответствии с табл. 1 в логическом элементе ИЛИ при наличии сигнала логической 1 хотя бы на одном из входов – на выходе – сигнал принимает значение логической 1. Если все

входные сигналы равны логическому нулю, то сигнал на выходе элемента ИЛИ равен логическому нулю. Такие логические операции соответствуют логическому сложению.

Логический элемент ИЛИ – НЕ выполняет операцию логического сложения с отрицанием результата.

Логический элемент И выполняет функцию логического умножения: при наличии сигнала логической 1 на всех входах – на выходе – устанавливается сигнал логической 1, если хотя бы на одном из входов сигнал принимает значение логического 0 – на выходе – также устанавливается сигнал логического 0.

Логический элемент И – НЕ выполняет функцию логического умножения с отрицанием результата.

В логическом элементе ПАМЯТЬ (в простейшем исполнении) имеется два входа и два отдельных выхода – y_1, y_2 . По условиям работы этого элемента нельзя подавать сигнал логической 1 одновременно на оба входа: если на входе x_1 имеется сигнал, равный логической 1, то на входе x_2 – сигнал логического 0, при этом на выходе y_1 элемента устанавливается сигнал логической 1, на выходе y_2 – сигнал логического 0. Если на входе x_1 сигнал логической единицы заменить сигналом логического нуля, то значения выходных сигналов не изменятся, т. е. действие входного сигнала, ранее имевшего значение логической единицы, элементом ПАМЯТЬ «запомнилось». Изменить значение выходных сигналов возможно, если на вход x_2 подать сигнал логической 1.

Логические элементы ИЛИ – НЕ, И – НЕ являются базовыми, поскольку на их основе можно выполнять различные логические операции за счёт соединения их в определённой последовательности.

Отечественная промышленность выпускает широкий ассортимент различных логических элементов в микросхемном исполнении. Обычно несколько однотипных логических элементов помещаются в один миниатюрный корпус, имеющий несколько внешних выводов.

Логические элементы применяются как в относительно простых схемах управления, так и в сложных схемах цифровой автоматики с «жесткой» программой. «Жесткая» программа управления определяется системой внешних соединений между отдельными логическими элементами, в результате программа управления не может быть изменена без перепайки внешних соединений.

Практическая работа № 5

Изучение устройства и принципа действия пневматического регулятора

Цель работы: Изучение назначения, устройства и принципа работы пневматического регулятора

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Назначение пневматического регулятора.
 - b. Параметры, вырабатываемые пневматическим регулятором в ходе работы.
 - c. Начертите структурную схему и опишите принцип работы пневматического регулятора.
 - d. Перечислите общие элементы на которых строится пневморегулятор.
 - e. Начертите структурную схему позиционного регулятора ПР1.5 и опишите его принцип действия.
 - f. Опишите, как производится монтаж воздушных регуляторов.



Пневматический регулятор — это пневматический прибор для управления технологическим процессом, который основан на принципе пневматического регулирования.

Регулятор вырабатывает выходной сигнал, который используется для выбора положения конечного элемента управления в попытке поддерживать переменную процесса на заданном значении или около него. Если переменная процесса отклоняется от заданного значения, то регулятор вырабатывает корректирующий выходной сигнал, который служит для ограничения величины отклонения и возвращения переменной процесса в устойчивое состояние или к заданному значению.

Пневматический регулятор может быть частью почти любой системы автоматического регулирования, которая занимается контролем и корректировкой технологических процессов, таких как: измерение и регулирование давления, уровня или температуры.

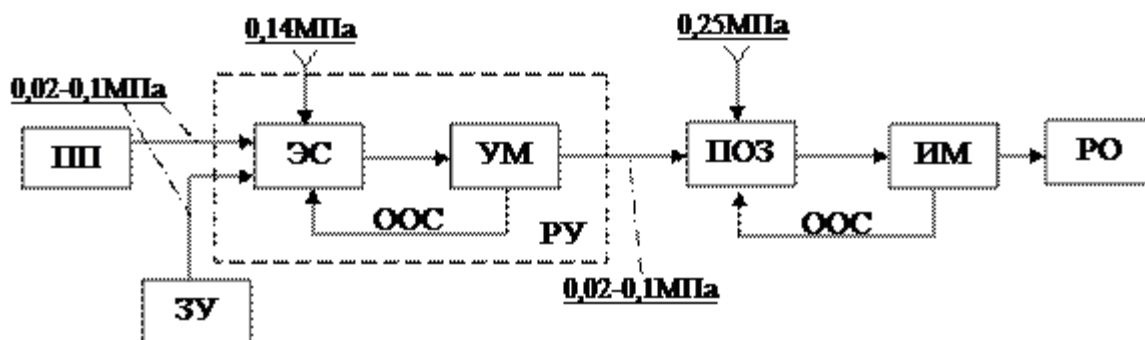


Схема 1. Структурная схема пневматического регулятора

ПП – первичный преобразователь;

ЗУ – задающее устройство;

РУ – регулирующее устройство;

ЭС – элемент сравнения;

УМ – усилитель мощности;

ПОЗ – позиционер;

ООС – отрицательная обратная связь.

Для передачи сигнала между блоками регулятора используется унифицированный пневматический сигнал. В качестве ЗУ используются редуктор или ручной регулятор давления, с помощью которого можно замыкать или размыкать мощные пневмолинии.

Математические операции, необходимые для воспроизведения законов регулирования осуществляется с помощью пневматического усилителя и элемента сравнения, хваченных обратной связью положительной или отрицательной.

ИМ характеризуется простотой конструкции, низкой стоимостью, достаточно высокой мощностью, быстродействием. Он представляет собой усилительное звено, поэтому ИМ не изменяет тип закона регулирования, который был сформулирован на РУ.

Для обеспечения максимальной дальности передачи сигнала и большой его мощности, рядом с ИМ устанавливается ПОЗ, который является практически усилителем мощности. Чтобы не было потерь в точности передачи командного сигнала, вводится отрицательная обратная связь по положению выходного элемента ИМ. Сигнал с ПОЗ усиливается по мощности за счет увеличения питания или за счет большого расхода воздуха.

Принцип работы устройства

В том случае, если в процессе эксплуатации происходит резкое повышение выходного давления, совершается следующее:

- Высокое давление, возникающее в средней камере, воздействует на мембрану, находящуюся под ней, вследствие чего она прогибается, оказывая давление на пружину.
- Клапан, который находится параллельно пружине, реагирует на это действие и отсекает выход в воздушном регуляторе от входа. Это происходит потому, что на шток больше не оказывается воздействие мембраной. Клапан закрывается под действием усилия пружины и давления в камере.
- После того, как мембрана выгибается, она не воздействует на шток и происходит открытие отверстия в жестком центре, через которое происходит сброс сжатого воздуха до тех пор, пока давление на выходе не станет равняться указанному значению.

Элементы, на которых строится пневморегулятор, в большинстве своем рассмотрены в элементарных пневматических преобразователях:

- постоянный дроссель;
- переменный дроссель;
- проточная или глухая камеры.

Элементы пневматических устройств предназначены для выполнения различных операций с пневматическими сигналами, однако номенклатура операций ограничена. Поэтому в подавляющем большинстве устройств пневматические сигналы предварительно преобразуют в силу и перемещение, а после этой операции снова в пневматический сигнал ($P_{ВХ} \otimes F \otimes D1 \otimes P$).

В качестве примера рассмотрим позиционный регулятор ПР1.5 (см. Схема 2)

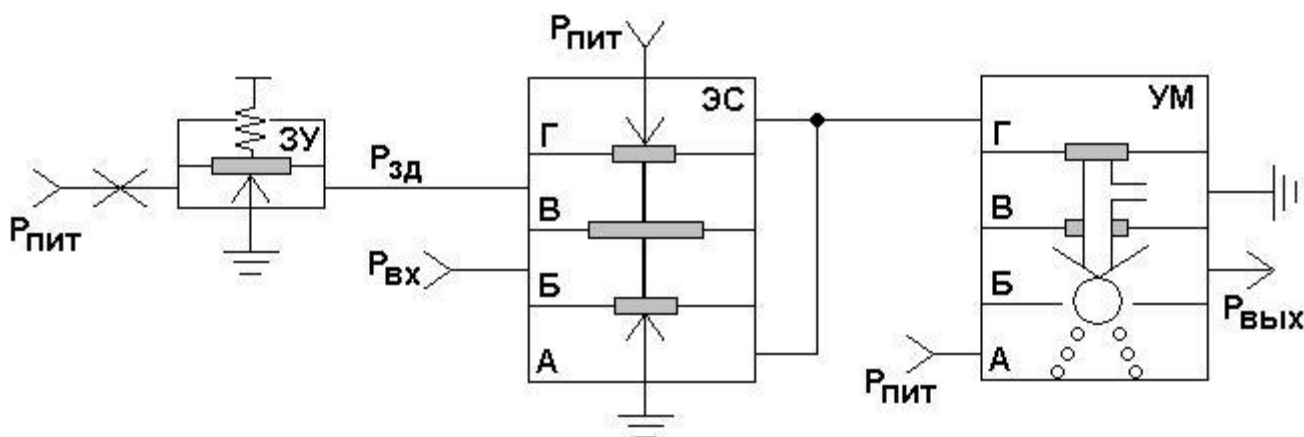


Схема 2. Позиционный регулятор ПР1.5

ЭС двухвходовый состоит из четырех камер: Б и В – глухие и А и Б - проточные.

Регулятор реализует 2-х позиционный закон регулирования. На выходе регулятора возможно только два значения 0 (0,02 МПа) или max (0,1 МПа). Регулятор обрабатывает каждое воздействие, которое необходимо преобразовать в давление. Этот регулятор не имеет настраиваемой зоны возврата, т.к. гистерезис постоянен и обусловлен конструктивными особенностями.

Алгоритм работы регулятора следующий:

$$DP = P_{зд} - P_{вх}$$

$$P_{\text{вых}} = \begin{cases} P_{\text{атм}}, & P_{\text{вх}} > P_{\text{зд}} \\ P_{\text{пит}}, & P_{\text{вх}} < P_{\text{зд}} \end{cases}$$

Предназначен ЭС для сравнения двух входных сигналов. На выходе формируется дискретный сигнал (0 или 1). Двухвходовое реле с подпором состоит из четырех камер и блока (3 мембраны, связанные между собой штоком), а также 2 дросселей типа сопло-заслонка. Площадь средней мембраны больше площади крайних. Давление в камерах создает усилие, действующее вдоль оси штока. Если результирующее усилие направлено вертикально, то мембранный блок закрывает подачу давления питания.

Усилитель мощности используется на больших пневмотрассах через каждые 300 м. Усилитель имеет 3 секции, связанные в мембранный блок, который состоит из 2 мембран, равной площади и клапана, обеспечивающего сопротивление потоку воздуха из камеры А в камеру В и из камеры В в камеру В. Поскольку площади мембран равны, то давления на входе и выходе усилителя в момент равновесия будут равны.

Как устанавливаются воздушные регуляторы давления?

Регулятор давления воздуха можно использовать не только как самостоятельный элемент, но и в комплексе со встроенными воздушными фильтрами. Такие приборы называются фильтрами-регуляторами. В зависимости от сферы использования, а также преследуемых целей, регулятор давления воздуха может устанавливаться и работать самостоятельно в магистралях или входить в комплекс целого набора пневматических приборов.

В зависимости от характеристик пневмосети, а также количества потребителей, установка регуляторов происходит следующим образом:

- Магистральная подготовка воздуха. Если в пневмосети запитан один потребитель или несколько с одинаковыми требованиями к давлению, установка прибора производится централизованно на выходе компрессора. Мощность устройства и производительность регулятора должна покрывать потребности всех потребителей.
- Местная подготовка воздуха. В случае, если к пневмосети подключено несколько потребителей с разными требованиями в отношении входящего давления, установка регулятора производится непосредственно перед каждым из них.

Практическая работа № 6

Изучение аппаратных и программных средств систем управления логическими контроллерами и сопрягаемыми с ними средствами автоматизации

Цель работы:	
--------------	--

Задание:

Внимательно изучите материал по теме.

- Ответьте на вопросы:
- Понятие «Контроллер»
- Опишите примеры контроллеров для систем САУ.
- На чем основывается выбор оптимального для конкретной задачи контроллера.
- Перечислите тенденции развития контроллеров.
- Опишите типы ПЛК.
- Что включает в себя процессорный модуль?
- Понятие «Архитектура».
- Перечислите основные характеристики микропроцессора.

- j. Что определяет емкость памяти?
- k. Что используется в качестве ПЗУ
- l. Что используют в качестве ОЗУ современные микропроцессоры?
- m. Сколько составляет циклов записи информации во флэш-память?
- n. Что определяет емкость памяти ПЛК?
- o. Перечислите задачи выполняемые процессорным модулем ПЛК.

Контроллеры для систем автоматизации

Слово "контроллер" произошло от английского "control" (управление), а не от русского "контроль" (учет, проверка). Контроллером в системах автоматизации называют устройство, выполняющее управление физическими процессами по записанному в него алгоритму, с использованием информации, получаемой от датчиков и выводимой в исполнительные устройства.

Первые контроллеры появились на рубеже 60-х и 70-х годов в автомобильной промышленности, где использовались для автоматизации сборочных линий. В то время компьютеры стоили чрезвычайно дорого, поэтому контроллеры строились на жесткой логике (программировались аппаратно), что было гораздо дешевле. Однако перенастройка с одной технологической линии на другую требовала фактически изготовления нового контроллера. Поэтому появились контроллеры, алгоритм работы которых мог быть изменен несколько проще - с помощью схемы соединений реле. Такие контроллеры получили название программируемых логических контроллеров (ПЛК), и этот термин сохранился до настоящего времени. Везде ниже термины "контроллер" и "ПЛК" мы будем употреблять как синонимы.

Немного позже появились ПЛК, которые можно было программировать на машинно-ориентированном языке, что было проще конструктивно, но требовало участия специально обученного программиста для внесения даже незначительных изменений в алгоритм управления. С этого момента началась борьба за упрощение процесса программирования ПЛК, которая привела сначала к созданию языков высокого уровня, затем - специализированных языков визуального программирования, похожих на язык релейной логики. В настоящее время этот процесс завершился созданием международного стандарта IEC (МЭК) 1131-3 [Bertocco], который позже был переименован в МЭК 61131-3 [IEC]. Стандарт МЭК 61131-3 поддерживает пять языков технологического программирования (см. раздел "Программное обеспечение"), что исключает необходимость привлечения профессиональных программистов при построении систем с контроллерами, оставляя для них решение нестандартных задач.

В связи с тем, что способ программирования является наиболее существенным классифицирующим признаком контроллера, понятие "ПЛК" все реже используется для обозначения управляющих контроллеров, которые не поддерживают технологические языки программирования.

С появлением мощных и дешевых микроконтроллеров в 1972 г. рынок ПЛК начал расти экспоненциально и за период с 1978 по 1990 год увеличился с 80 млн. долл. до 1 млрд. долл. и к 2002 г. составил 1,4 млрд. долл. [Webb]. В настоящее время мировой рынок ПЛК продолжает расти, хотя и гораздо меньшими темпами. Однако последнее замечание не относится к России, где события изменяются очень быстро в связи с возрождением экономики, появлением сильных отечественных производителей и системных интеграторов [Ицкович], а также огромными инвестициями международных корпораций в Российскую экономику.

ПЛК используются практически во всех сферах человеческой деятельности для автоматизации технологических процессов, в системах противоаварийной защиты и

сигнализации, в станках с ЧПУ, для управления дорожным движением, в системах жизнеобеспечения зданий, для сбора и архивирования данных, в системах охраны, в медицинском оборудовании, для управления роботами, в системах связи, при постановке физического эксперимента, для управления космическими кораблями, для автоматизации испытаний продукции и т. д. Тем не менее, до сих пор остается много отраслей экономики, куда контроллерная автоматизация только начинает проникать.

Согласно последнему опросу по Интернет, проведенному журналом Control Engineering совместно с Reed Research, большая часть опрошенных использует ПЛК в задачах управления станками. На втором месте - задачи, связанные с управлением технологическими процессами, далее идет управление перемещениями и задачи диагностики. Чаще всего контроллеры используют для решения собственных задач (54%), реже для производства оборудования для продажи (25%), или для того и другого (17%).

Контроллеры используются не только как автономные средства локального управления технологическим установками, но и в составе широкомасштабных систем автоматизированного управления целыми предприятиями.

В настоящее время на Российском рынке преобладают контроллеры иностранных фирм: Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc, однако с течением времени увеличивается доля рынка, занятая отечественной продукцией Российских фирм (НИЛ АП, Текон, Фаствел, ДЭП, Овен, Элемер, Эмикон и др.), что соответствует общемировой тенденции, когда в большинстве стран отечественные фирмы занимают большую долю рынка, чем иностранные. Это объясняется следующими факторами:

благодаря использованию западных технологических линий и материалов качество изготовления Российских контроллеров часто превосходит зарубежное качество в связи с более высоким уровнем подготовки Российских специалистов;

Российские фирмы обеспечивают более квалифицированную техническую поддержку и русскоязычную документацию;

большую роль играет срок поставки и территориальная близость производителя к потребителю;

соответствие отечественных разработок Российским стандартам, чего часто нельзя сказать об импортных контроллерах;

лучшее знание Российского рынка отечественными производителями.

Широкому распространению ПЛК в большой степени способствует рост компьютерной грамотности населения, спецкурсы в ВУЗах, множество курсов повышения квалификации, проводимых ведущими системными интеграторами.

Программируемые логические контроллеры

Жесткие ограничения на стоимость и огромное разнообразие целей автоматизации привели к невозможности создания универсального ПЛК, как это случилось с офисными компьютерами. Область автоматизации выдвигает множество задач, в соответствии с которыми развивается и рынок, содержащий сотни непохожих друг на друга контроллеров, различающихся десятками параметров. Каждый производитель выпускает несколько типов ПЛК разной мощности и стоимости, чтобы увеличить прибыль за счет сегментирования рынка.

Выбор оптимального для конкретной задачи контроллера основывается обычно на соответствии функциональных характеристик контроллера решаемой задаче при условии минимальной его стоимости. Учитываются также другие важные характеристики (температурный диапазон, надежность, бренд изготовителя, наличие разрешений Ростехнадзора, сертификатов и т. п.).

Несмотря на огромное разнообразие контроллеров, в их развитии заметны следующие общие тенденции:

- уменьшение габаритов;
- расширение функциональных возможностей;
- увеличение количества поддерживаемых интерфейсов и сетей;
- использование идеологии "открытых систем";
- использование языков программирования стандарта МЭК 61131-3;
- снижение цены.

Еще одной тенденцией является появление в контроллерах признаков компьютера (наличие мыши, клавиатуры, монитора, ОС Windows, возможности подключения жесткого диска), а в компьютерах - признаков контроллера (расширенный температурный диапазон, электронный диск, защита от пыли и влаги, крепление на DIN-рейку, наличие сторожевого таймера, увеличенное количество коммуникационных портов, использование ОС жесткого реального времени, функции самотестирования и диагностики, контроль целостности прикладной программы). Появились компьютеры в конструктивах для жестких условий эксплуатации. Аппаратные различия между компьютером и контроллером постепенно исчезают. Основными отличительными признаками контроллера остаются его назначение и наличие технологического языка программирования.

Типы ПЛК

Для классификации огромного разнообразия существующих в настоящее время контроллеров рассмотрим их существенные различия.

Основным показателем ПЛК является количество каналов ввода-вывода. *По этому признаку ПЛК делятся на следующие группы:*

- нано-ПЛК (менее 16 каналов);
- микро-ПЛК (более 16, до 100 каналов);
- средние (более 100, до 500 каналов);
- большие (более 500 каналов).

По расположению модулей ввода-вывода ПЛК бывают:

моноблочными - в которых устройство ввода-вывода не может быть удалено из контроллера или заменено на другое. Конструктивно контроллер представляет собой единое целое с устройствами ввода-вывода (например, одноплатный контроллер). Моноблочный контроллер может иметь, например, 16 каналов дискретного ввода и 8 каналов релейного вывода;

модульные - состоящие из общей корзины (шасси), в которой располагаются модуль центрального процессора и сменные модули ввода-вывода. Состав модулей выбирается пользователем в зависимости от решаемой задачи. Типовое количество слотов для сменных модулей - от 8 до 32;

распределенные (с удаленными модулями ввода-вывода) - в которых модули ввода-вывода выполнены в отдельных корпусах, соединяются с модулем контроллера по сети (обычно на основе интерфейса RS-485) и могут быть расположены на расстоянии до 1,2 км от процессорного модуля.

Часто перечисленные конструктивные типы контроллеров комбинируются, например, моноблочный контроллер может иметь несколько съемных плат; моноблочный и модульный контроллеры могут быть дополнены удаленными модулями ввода-вывода, чтобы увеличить общее количество каналов.

Многие контроллеры имеют набор сменных процессорных плат разной

производительности. Это позволяет расширить круг потенциальных пользователей системы без изменения ее конструктива.

По конструктивному исполнению и способу крепления контроллеры делятся на:

панельные (для монтажа на панель или дверцу шкафа);

для монтажа на DIN-рейку внутри шкафа;

для крепления на стене;

стоечные - для монтажа в стойке;

бескорпусные (обычно одноплатные) для применения в специализированных конструктивах производителей оборудования (ОЕМ - "Original Equipment Manufacturer").

По области применения контроллеры делятся на следующие типы:

универсальные общепромышленные;

для управления роботами;

для управления позиционированием и перемещением;

коммуникационные;

ПИД-контроллеры;

специализированные.

По способу программирования контроллеры бывают:

программируемые с лицевой панели контроллера;

программируемые переносным программатором;

программируемые с помощью дисплея, мыши и клавиатуры;

программируемые с помощью персонального компьютера.

Контроллеры могут программироваться на следующих языках:

на классических алгоритмических языках (C, C#, Visual Basic);

на языках МЭК 61131-3.

Контроллеры могут содержать в своем составе модули ввода-вывода или не содержать их.

Примерами контроллеров без модулей ввода-вывода являются коммуникационные контроллеры, которые выполняют функцию межсетевого шлюза, или контроллеры, получающие данные от контроллеров нижнего уровня иерархии АСУ ТП.

Архитектура

Архитектурой контроллера называют набор его основных компонентов и связей между ними. Типовой состав ПЛК включает центральный процессор, память, сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода (рис. 6.1). Иногда эта конфигурация дополняется устройством для программирования и пультом оператора, устройствами индикации, режиссурой - принтером, клавиатурой, мышью или трекболом.

Процессорный модуль включает в себя микропроцессор (центральное процессорное устройство - ЦПУ), запоминающие устройства, часы реального времени и сторожевой таймер. Термины "микропроцессор" и "процессор" в настоящее время стали синонимами, поскольку все вновь выпускаемые процессоры выполняются в виде СБИС, т.е. являются микропроцессорами.

Основными характеристиками микропроцессора являются разрядность (в ПЛК используются 8-ми, 16-ти и 32-разрядные микропроцессоры), тактовая частота, архитектура, наличие операций с плавающей точкой, типы поддерживаемых портов ввода-вывода, температурный диапазон работоспособности и потребляемая мощность.

Производительность микропроцессоров с одной и той же архитектурой пропорциональна тактовой частоте. Большинство контроллеров используют микропроцессоры с сокращенным набором команд (RISC - Reduced Instruction Set Computing), в которых используется небольшое количество команд одинаковой длины и большое количество регистров. Сокращенный набор

команд позволяет строить более эффективные компиляторы и конвейер процессора, способный за каждый такт выдавать результат исполнения очередной команды [Корнеев].

Для контроллеров, выполняющих интенсивную математическую обработку данных, важно наличие математического сопроцессора (вспомогательного процессора, выполняющего операции с плавающей точкой) или сигнальных процессоров, в которых операции типа $Y=A*B+X$ выполняются за один такт. Сигнальные процессоры позволяют ускорить выполнение операций свертки или быстрого преобразования Фурье.

Емкость памяти определяет количество переменных (тегов), которые могут быть обработаны в процессе функционирования ПЛК. В микропроцессорах время доступа к памяти является одним из существенных факторов, ограничивающих быстродействие. Поэтому память делят на несколько уровней иерархии, в зависимости от частоты использования, хранящихся в ней данных и быстродействия. Иерархия памяти относится к существенным характеристиками архитектуры процессора, поскольку она позволяет снизить отрицательное влияние медленной памяти на быстродействие микропроцессора. Основными типами памяти является постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и набор регистров. Регистры являются самыми быстродействующими элементами памяти, поскольку они используются арифметико-логическим устройством (АЛУ) для исполнения элементарных команд процессора. ПЗУ используют для хранения редко изменяемой информации, такой, как операционная система, драйверы устройств, загрузчик, исполняемый модуль программы пользователя. ОЗУ используется для хранения данных, которые многократно изменяются в процессе работы контроллера, например, значения тегов, результаты промежуточных вычислений, диагностическая информация, массивы, выводимые на графики, данные для отображения на дисплее.

Процессорный модуль

Процессорный модуль ПЛК выполняет следующие задачи:

собирает данные из модулей ввода в память и отправляет данные из памяти в модули вывода;

выполняет обмен данными с устройством для программирования контроллера;

выдает метки часов реального времени;

осуществляет обмен данными с промышленной сетью;

реализует стек протоколов промышленной сети (для этой цели могут использоваться вспомогательные коммуникационные процессоры);

выполняет начальную загрузку и исполнение операционной системы;

исполняет загрузочный модуль пользовательской программы системы автоматизации;

управляет актами обмена с памятью.

Одной из тенденций в развитии ПЛК является использование процессорных модулей разной мощности для одного конструктива контроллера. Это позволяет получить серию контроллеров разной мощности и тем самым покрыть больший сегмент рынка, а также выполнить модернизацию (upgrade) контроллеров, купленных потребителями, путем замены всего одного модуля.

К основным характеристикам процессорного модуля относятся:

тип операционной системы (Windows CE, Linux, DOS, OS-9, QNX и др.);

наличие исполнительной среды для стандартной системы программирования на языках МЭК 61131-3;

типы поддерживаемых интерфейсов (RS-232, RS-422, RS-485, CAN, USB, Ethernet и др.);

типы поддерживаемых сетей (Modbus RTU, Modbus TCP, Ethernet, Profibus, CANopen,

DeviceNet и др.);

возможность подключения устройств индикации или интерфейса оператора (светодиодного или ЖКИ индикатора, клавиатуры, мыши, дисплея с интерфейсами VGA, DVI или CMOS, LVDS, трекбола и др.);

разрядность (8, 16, 32 или 64 бита);

тактовая частота микропроцессора и памяти;

время выполнения команд;

объем, иерархия и типы памяти (ОЗУ, кэш, ПЗУ - флэш, съемная флэш и др.);

типы встроенных функций (ПИД-регулятор, счетчики, ШИМ, алгоритмы позиционирования и управления движением и др.);

бренд производителя (Intel, AMD, Atmel, Motorola, RealLab! и др.).

Быстродействие процессорного модуля ПЛК обычно оценивают по времени выполнения логических команд, поскольку они наиболее распространены при реализации алгоритмов управления.

Огромное разнообразие задач, возлагаемых на ПЛК, и сильная зависимость цены от мощности контроллера явились причиной большого разнообразия используемых микропроцессоров, от простых и дешевых 8-разрядных Atmel и Microchip до самых высокопроизводительных микропроцессоров серии Intel Pentium, включая двухъядерные и четырехъядерные процессоры.

Восьмиразрядные микропроцессоры пользуются большим успехом в автономных ПИД-контроллерах и микро-ПЛК для несложного алгоритмического управления станками, теплицами, небольшими технологическими аппаратами, в качестве межсетевых шлюзов. Их достоинством является высокая надежность, связанная с предельной простотой программного обеспечения.

Обычно микропроцессоры, используемые в ПЛК, на несколько поколений отстают от процессоров офисных персональных компьютеров (ПК) в связи с относительно малым объемом рынка ПЛК, который не обеспечивает окупаемость разработки нового контроллера за период смены поколений микропроцессоров.

Источник питания

Стандартными напряжениями питания ПЛК являются напряжения 12 В, 24 и 48 В. Источником электрической энергии обычно является промышленная сеть 220В, 50 Гц. В случае распределенных систем автоматизации источник питания может быть расположен вдали от ПЛК, поэтому напряжение на клеммах ПЛК или модулей ввода-вывода может сильно отличаться от напряжения источника питания вследствие падения напряжения на сопротивлении кабеля. Для решения этой проблемы каждый ПЛК или каждый модуль удаленного ввода снабжаются встроенным стабилизатором напряжения, который обеспечивает нормальное их функционирование в диапазоне напряжений от 10 до 30 В.

Низкое напряжение питания позволяет питать контроллеры от аккумуляторов бортовых сетей транспортных средств или переносных аккумуляторов.

В ПЛК иногда используют батарею для питания часов реального времени (которые должны функционировать при выключенном ПЛК) и для сохранения информации в ПЗУ на время аварийных перерывов питания.

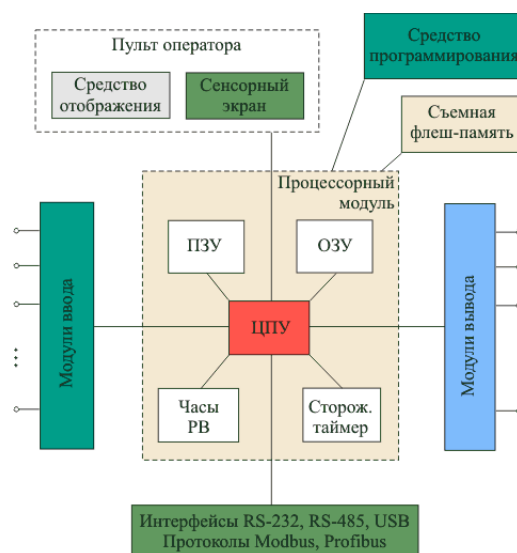


Рисунок 1. Архитектура ПЛК

В качестве ПЗУ (или ROM - "Read Only Memory") обычно используется электрически стираемая перепрограммируемая память (EEPROM - "Electrically Erasable Programmable ROM". Разновидностью EEPROM является флэш-память, принцип действия которой основан на хранении заряда в конденсаторе, образованном плавающим затвором и подложкой МОП-транзистора. Особенностью флэш-памяти является ее энергонезависимость, т.е. сохраняемость данных при выключенном питании. Стирание и перезапись во флэш-памяти выполняется не отдельными ячейками, а большими блоками, поэтому она получила название, происходящее от английского "flash" - "вспышка». Недостатком всех ПЗУ является низкое быстродействие.

Количество циклов записи информации во флэш-память ограничено и составляет несколько десятков тысяч раз. По конструктивному исполнению и интерфейсам флэш-память подразделяется на Compact Flash (CF), Memory Stick, Secure Digital (SD), MultiMediaCard (MMC), RS-MMC, SmartMedia Card (SMC), USB-flash. Флэш-память может быть впаяна в печатную плату или быть съемной.

В качестве ОЗУ современные микропроцессоры используют статическую память (SRAM - Static Random Access Memory) и динамическую (DRAM - "Dynamic Random Access Memory"), SDRAM ("Synchronous DRAM"). SRAM выполняется на триггерах, информация в которых сохраняется неограниченно долго при наличии питания. В динамической памяти информация хранится на конденсаторах и поэтому DRAM требует периодической регенерации (перезарядки конденсаторов). К недостаткам триггерной памяти относится ее высокая стоимость, связанная с низкой плотностью компоновки триггеров на кристалле, и малое отношение емкости к цене. Достоинством является высокое быстродействие, достигающее гигагерц, в то время как память на конденсаторах не может работать на частотах выше сотен герц. Оба типа памяти (DRAM и SRAM) не могут сохранять информацию при отключении питания ПЛК. Поэтому некоторые типы ПЛК используют батарейное питание памяти для сохранения работоспособности системы автоматизации после кратковременного прерывания питания.

Моноблочные и модульные контроллеры используют, как правило, параллельную шину для обмена данными с модулями ввода-вывода, что позволяет на порядок повысить быстродействие их опроса по сравнению с последовательной шиной. Параллельные шины могут быть стандартными (ISA, PC/104, PCI, CompactPCI, VME, CXM) или частнофирменными. Последовательная шина контроллера (на основе интерфейса RS-485) используется для подключения к нему удаленных (распределенных) модулей ввода-вывода.

Программирование контроллеров малой мощности выполняется с помощью кнопок,

расположенных на лицевой панели или с помощью переносного пульта для программирования. В качестве пульта в последнее время используется компьютер формата "ноутбук". Программирование мощных контроллеров выполняется с помощью персонального компьютера, на котором устанавливается специальное программное обеспечение, например CoDeSys или ISaGRAF (см. раздел "Программное обеспечение"), выполняющее трансляцию технологического языка стандарта МЭК 61131-3 в исполняемый код процессора, который загружается в ПЗУ ПЛК, например, через порт Ethernet.

Сторожевой таймер (Watchdog Timer - WDT) представляет собой счетчик, который считает импульсы тактового генератора и в нормальном режиме периодически сбрасывается (перезапускается) работающим процессором. Если процессор "зависает", то сигналы сброса не поступают в счетчик, он продолжает считать и при достижении некоторого порога вырабатывает сигнал "Сброс" для перезапуска "зависшего" процессора.

Часы реального времени (РВ) представляют собой кварцевые часы, которые питаются от батарейки и поэтому продолжают идти при выключенном ПЛК. Часы РВ используются, например, для управления уличным освещением в зависимости от времени суток, в системах охраны объектов и других случаях, когда необходима привязка данных или событий к астрономическому времени.

Практическая работа № 7

Изучение основ управления шаговым двигателем, управление углом поворота вала, скоростью, направлением

Цель работы: изучить виды, устройство, назначение, принцип работы и основы управления шаговым двигателем.

Задание:

Внимательно изучите материал по теме.

Ответьте на вопросы:

- a. Что такое шаговый двигатель?
- b. Устройство и принцип работы.
- c. Типы шаговых двигателей.
- d. Подключение шагового двигателя.
- e. Управление шаговым двигателем.

Шаговый двигатель представляет собой электрическую машину, предназначенную для преобразования электрической энергии сети в механическую энергию. Конструктивно состоит из обмоток статора и магнитомягкого или магнитотвердого ротора. Отличительной особенностью шагового двигателя является дискретное вращение, при котором заданному числу импульсов соответствует определенное число совершаемых шагов. Наибольшее применение такие устройства получили в станках с ЧПУ, робототехнике, устройствах хранения и считывания информации.

В отличие от других типов машин шаговый двигатель совершает вращение не непрерывно, а шагами, от чего и происходит название устройства. Каждый такой шаг составляет лишь часть от его полного оборота. Количество необходимых шагов для полного вращения вала будет отличаться, в зависимости от схемы соединения, марки двигателя и способа управления.

Преимущества и недостатки шагового двигателя

К преимуществам эксплуатации шагового двигателя можно отнести:

- В шаговых электродвигателях угол поворота соответствует числу поданных электрических сигналов, при этом, после остановки вращения сохраняется полный момент и фиксация;
- Точное позиционирование – обеспечивает 3 – 5% от установленного шага, которая не накапливается от шага к шагу;
- Обеспечивает высокую скорость старта, реверса, остановки;
- Отличается высокой надежностью за счет отсутствия трущихся компонентов для токосъема, в отличие от коллекторных двигателей;
- Для позиционирования шаговому двигателю не требуется обратной связи;
- Может выдавать низкие обороты для непосредственно подведенной нагрузки без каких-либо редукторов;
- Сравнительно меньшая стоимость относительно тех же [сервоприводов](#);
- Обеспечивается широкий диапазон управления скоростью оборотов вала за счет изменения частоты электрических импульсов.

К недостаткам применения шагового двигателя относятся:

- Может возникать резонансный эффект и проскальзывание шагового агрегата;
- Существует вероятность утраты контроля из-за отсутствия обратной связи;
- Количество расходуемой электроэнергии не зависит от наличия или отсутствия нагрузки;
- Сложности управления из-за особенности схемы

Устройство и принцип работы

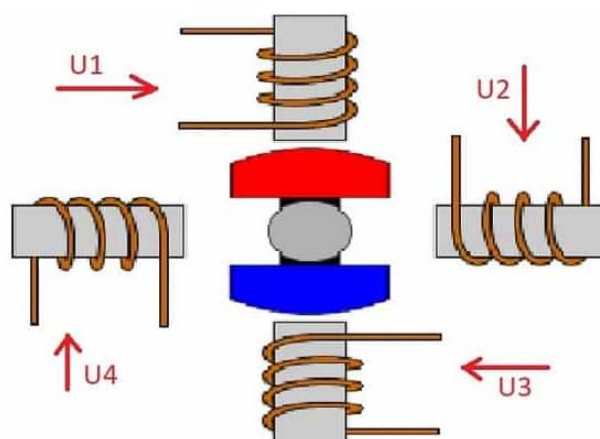


Рис. 1. Принцип действия шагового двигателя

На рисунке 1 изображены 4 обмотки, которые относятся к статору двигателя, а их расположение устроено так, что они находятся под углом 90° относительно друг друга. Из чего следует, что такая машина характеризуется размером шага в 90° .

В момент подачи напряжения U_1 в первую обмотку происходит перемещение ротора на те же 90° . В случае поочередной подачи напряжения U_2 , U_3 , U_4 в соответствующие обмотки, вал продолжит вращение до завершения полного круга. После чего цикл повторяется снова. Для изменения направления вращения достаточно изменить очередность подачи импульсов в соответствующие обмотки.

Типы шаговых двигателей

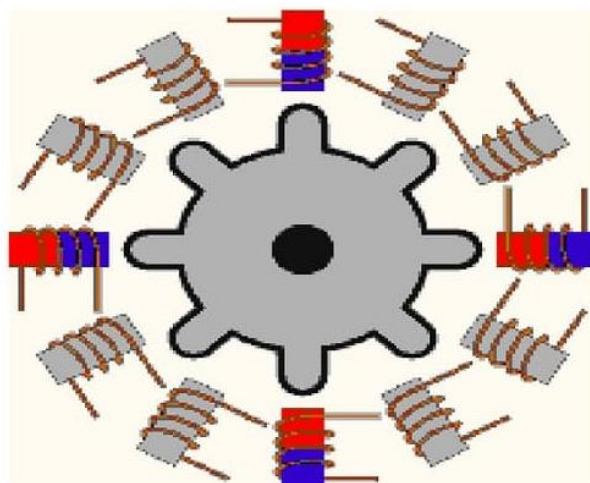
Для обеспечения различных параметров работы важна как величина шага, на который будет смещаться вал, так и момент, прилагаемый для перемещения. Вариации данных параметров достигаются за счет конструкции самого ротора, способа подключения и конструкции обмоток.

По конструкции ротора

Вращаемый элемент обеспечивает магнитное взаимодействие с электромагнитным полем статора. Поэтому его конструкция и технические особенности напрямую определяют режим работы и параметры вращения шагового агрегата. Чтобы на практике определить тип шагового мотора, при обесточенной сети необходимо провернуть вал, если ощущаете сопротивление, то это свидетельствует о наличии магнита, в противном случае, это конструкция без магнитного сопротивления.

Реактивный

Реактивный шаговый двигатель не оснащается магнитом на роторе, а выполняется из магнитомягких сплавов, как правило, его набирают из пластин для уменьшения потерь на индукцию. Конструкция в поперечном разрезе напоминает шестерню с зубцами. Полюса статорных обмоток запитываются противоположными парами и создают магнитную силу для перемещения ротора, который двигается от попеременного протекания электрического тока в обмоточных парах.

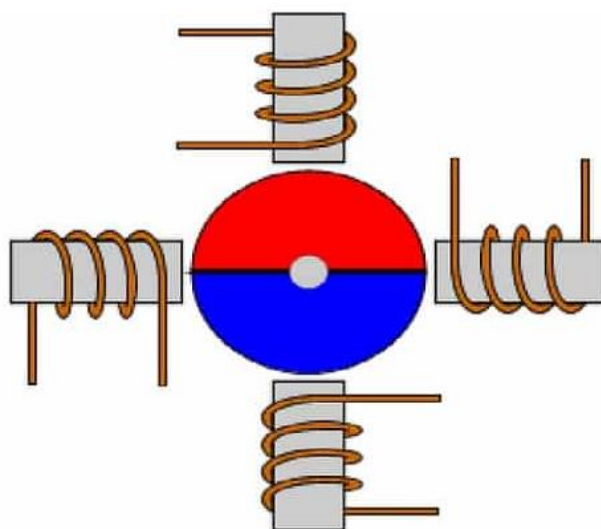


С переменным магнитным сопротивлением

Весомым плюсом такой конструкции шагового привода является отсутствие стопорящего момента, образуемого полем по отношению к арматуре. По факту это тот же [синхронный двигатель](#), в котором поворот ротора идет в соответствии с полем статора. Недостатком является снижение величины вращающего момента. Шаг для реактивного двигателя колеблется от 5 до 15° .

С постоянными магнитами

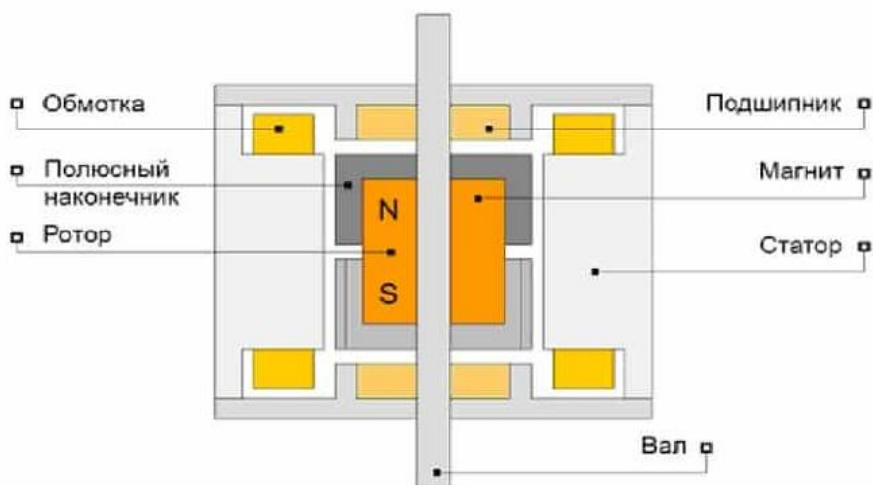
В этом случае подвижный элемент шагового двигателя собирается из постоянного магнита, в котором может быть два и большее количество полюсов. Вращение ротора обеспечивается притяжением или отталкиванием магнитных полюсов электрическим полем при подаче напряжения в соответствующие обмотки. Для этой конструкции угловой шаг составляет 45-90°.



С постоянным магнитом

Гибридные

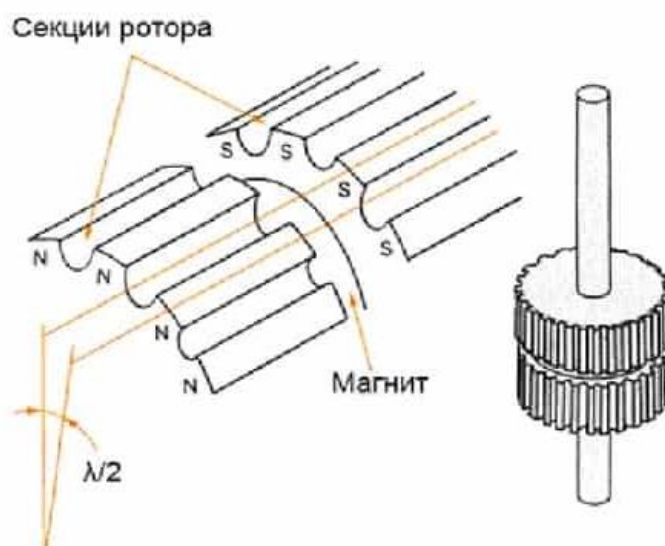
Был разработан с целью объединения лучших качеств двух предыдущих моделей, за счет чего агрегат обладает меньшим углом и шагом. Его ротор выполнен в виде цилиндрического постоянного магнита, который намагничен по продольной оси. Конструктивно это выглядит как два круглых полюса, на поверхности которых расположены зубцы ротора из магнитомягкого материала. Такое решение позволило обеспечить отличный удерживающий и крутящий момент.



Устройство гибридного шагового двигателя

Преимущества гибридного шагового двигателя заключаются в его высокой точности, плавности и скорости перемещения, малым шагом – от 0,9 до 5°. Их применяют для высокоточных станков ЧПУ, компьютерных и офисных приборах и современной робототехнике. Единственным недостатком считается относительно высокая стоимость.

Для примера разберем вариант гибридных ШД на 200 шагов позиционирования вала. Соответственно каждый из цилиндров будет иметь по 50 зубцов, один из них является положительным полюсом, второй отрицательным. При этом каждый положительный зубец расположен напротив паза в отрицательном цилиндре и наоборот. Конструктивно это выглядит так:



Расположение пазов гибридика

Из-за чего на валу шагового двигателя получается 100 перемежающихся полюсов с отличной полярностью. Статор также имеет зубцы, как показано на рисунке 6 ниже, кроме промежутков между его компонентами.

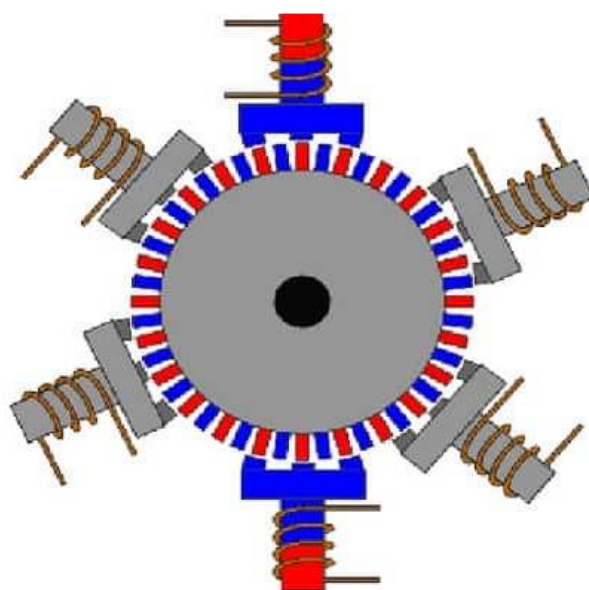


Рис. 6. Принцип работы гибридного ШД

За счет такой конструкции можно достичь смещения того же южного полюса относительно статора в 50 различных позиций. За счет отличия положения в полупозиции между северным и южным полюсом достигается возможность перемещения в 100 позициях, а смещение фаз на четверть деления предоставляет возможность увеличить количество шагов за счет последовательного возбуждения еще вдвое, то есть до 200 шагов углового вала за 1 оборот.

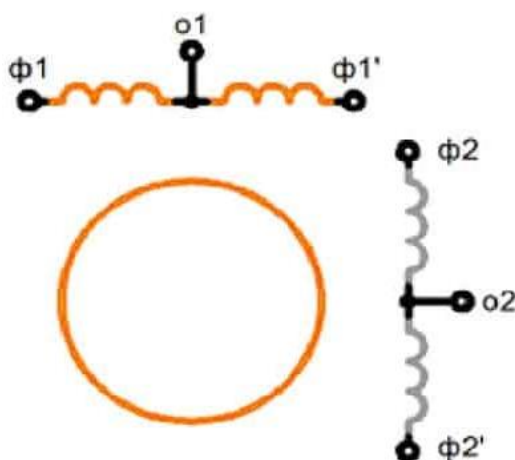
Обратите внимание на рисунок 6, принцип работы такого шагового двигателя заключается в том, что при попарной подаче тока в противоположные обмотки происходит подтягивание разноименных полюсов ротора, расположенных за зубьями статора и отталкивание одноименных, идущих перед ними по ходу вращения.

По виду обмоток

На практике шаговый двигатель представляет собой многофазный мотор. Плавность работы в котором напрямую зависит от количества обмоток – чем их больше, тем плавнее происходит вращение, но и выше стоимость. При этом крутящий момент от числа фаз не увеличивается, хотя для нормальной работы их минимальное число на статоре электродвигателя должно составлять хотя бы две. Количество фаз не определяет числа обмоток, так двухфазный шаговый двигатель может иметь четыре и более обмотки.

Униполярный

Униполярный шаговый двигатель отличается тем, что в схеме подключения обмотки имеется ответвление от средней точки. Благодаря чему легко меняются магнитные полюса. Недостатком такой конструкции является использование только одной половины доступных витков, из-за чего достигается меньший вращающий момент. Поэтому они отличаются большими габаритами.



Униполярный ШД

Для использования всей мощности катушки средний вывод оставляют не подключенным. Рассмотрите конструкции униполярных агрегатов, они могут содержать 5 и 6 выводов. Их количество будет зависеть от того, выводится срединный провод отдельно от каждой обмотки двигателя или они соединяются вместе.

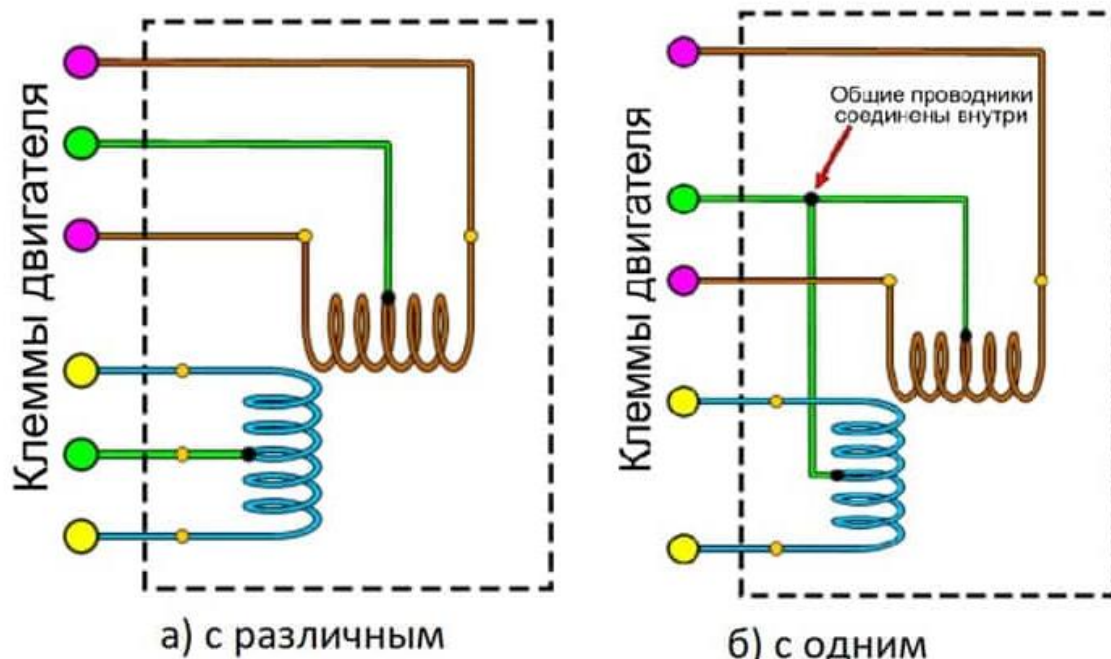
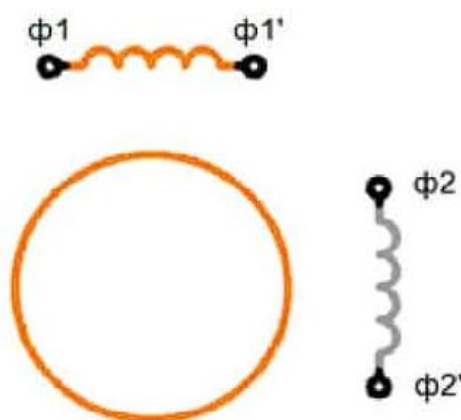


Схема а) с различными, б) с одним выводом

Биполярный

Биполярный шаговый двигатель подключается к контроллеру через 4 вывода. При этом обмотки могут соединяться внутри как последовательно, так и параллельно. Рассмотрите пример его работы на рисунке.



Биполярный шаговый двигатель

В конструктивной схеме такого двигателя вы видите с одной обмоткой возбуждения в каждой фазе. Из-за этого смена направления тока требует использовать в электронной схеме специальные драйверы (электронные чипы, предназначенные для управления). Добиться подобного эффекта можно при помощи включения Н-моста. В сравнении с предыдущим, биполярное устройство обеспечивает тот же момент при гораздо меньших габаритах.

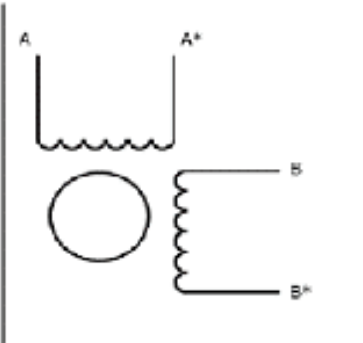
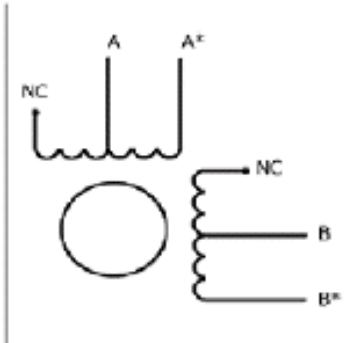
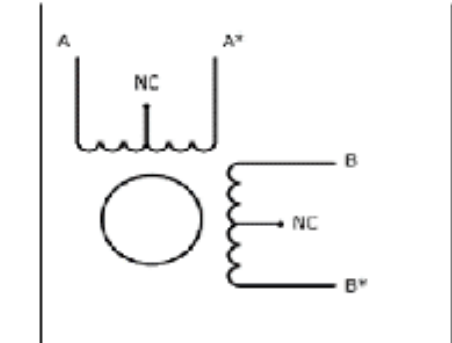
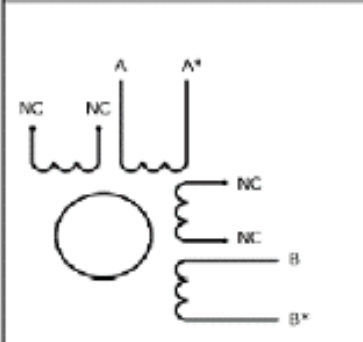
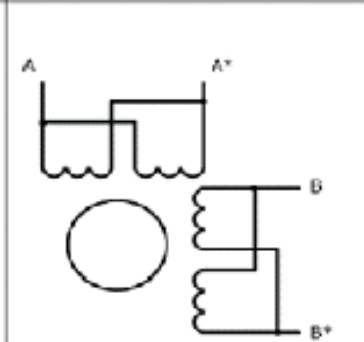
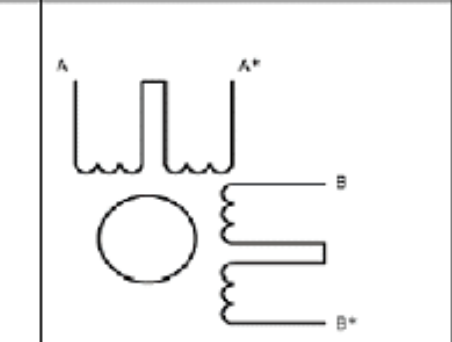
Подключение шагового двигателя

Чтобы запитать обмотки, потребуется устройство способное выдать управляющий импульс или серию импульсов в определенной последовательности. В качестве таких блоков выступают полупроводниковые приборы для подключения шагового двигателя, микропроцессорные драйвера. В которых имеется набор выходных клемм, каждая из них определяет способ питания и режим работы.

В зависимости от схемы подключения должны применяться те или другие выводы шагового агрегата. При различных вариантах подведения тех или иных клемм к выходному сигналу постоянного тока получается определенная скорость вращения, шаг или микрошаг линейного перемещения в плоскости. Так как для одних задач нужна низкая частота, а для других высокая, один и тот же двигатель может задавать параметр за счет драйвера.

Типичные схемы подключения ШД

В зависимости того, какое количество выводов представлено на конкретном шаговом двигателе: 4, 6 или 8 выводов, будет отличаться и возможность использования той или иной схемы их подключения. Посмотрите на рисунки, здесь показаны типичные варианты подключения шагового механизма:

		
1. Биполярный ШД.	2. Биполярный с отводом от середины обмотки	3. Биполярный с отводом от середины обмотки
		
4. Униполярный четырехфазный ШД, подключение двух обмоток	5. Четырехфазный униполярный ШД, параллельное подключение.	6. Четырехфазный униполярный ШД, последовательное подключение.

Схемы подключения различных типов шаговых двигателей

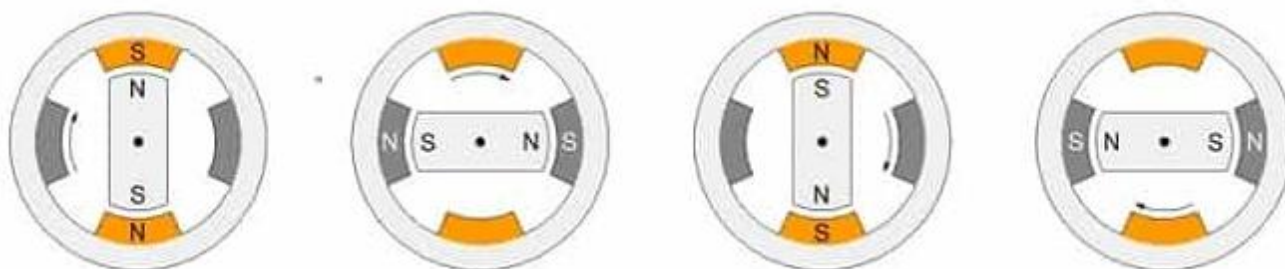
При условии запитки основных полюсов шаговой машины от одного и того же драйвера, по данным схемам можно отметить следующие отличительные особенности работы:

- Выводы однозначно подводятся к соответствующим клеммам устройства. При последовательном соединении обмоток увеличивает индуктивность обмоток, но понижает ток.
- Обеспечивает паспортное значение электрических характеристик. При параллельной схеме увеличивается ток и снижается индуктивность.
- При подключении по одной фазе на обмотку снижется момент на низких оборотах и уменьшает величину токов.
- При подключении осуществляет все электрические и динамические характеристики согласно паспорта, номинальный токи. Значительно упрощается схема управления.
- Выдает куда больший момент и применяется для больших частот вращения;
- Как и предыдущая предназначена для увеличения момента, но применяется для низких частот вращения.

Управление ШД

Выполнение операций шаговым агрегатом может осуществляться несколькими методами. Каждый из которых отличается способом подачи сигналов на пары полюсов. Всего выделяют три метода активации обмоток.

Волновой – в таком режиме происходит возбуждение только одной обмотке, к которой и притягиваются роторные полюса. При этом шаговый двигатель не способен вытягивать большую нагрузку, так как выдает лишь половину момента.



волновое управление

Полношаговый – в таком режиме происходит одновременная коммутация фаз, то есть, возбуждаются сразу обе. Из-за чего обеспечивается максимальный момент, в случае параллельного соединения или последовательного включения обмоток будет создаваться максимальное напряжение или ток.



полношаговое управление

Практическая работа № 8

Изучение основ управления асинхронным двигателем с помощью частотного преобразователя

Цель работы: изучение основ управления асинхронным двигателем с помощью частотного преобразователя, их достоинств и недостатков.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Опишите принцип работы частотного преобразователя.
 - b. Опишите как производится регулирование пускового тока при помощи частотного преобразователя.
 - c. Напишите формулу определения номинального тока трехфазного электродвигателя переменного тока.
 - d. Напишите формулу расчета величины пускового тока.
 - e. Напишите формулу вычисления величины скольжения.
 - f. Опишите как производится регулировка скорости вращения ротора при помощи частотного преобразователя.
 - g. Перечислите достоинства применения частотных преобразователей с широтно-импульсной модуляцией в качестве дополнительного оборудования к асинхронному электродвигателю.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором на сегодняшний день является наиболее массовым и надёжным устройством для приводов самых разнообразных машин и механизмов. Но и у него есть свои минусы.

Основные недостатки асинхронного двигателя:

- невозможность регулирования скорости вращения ротора
- большой пусковой ток (превышает номинальный в 5-7 раз)

При использовании исключительно механических устройств регулирования перечисленные недостатки приводят к заметным энергетическим потерям и к механическим нагрузкам, что снижает срок службы оборудования.

Многочисленные исследования в этой области привели к тому, что эти проблемы стало возможно решать не механическим, а электронным способом – при помощи частотного преобразователя с широтно-импульсным управлением (ЧПcШИМ).

Принцип работы частотного преобразователя

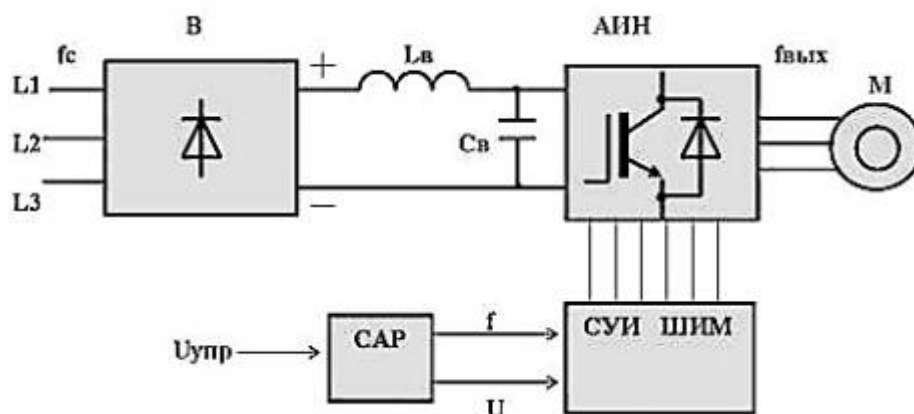


Рисунок 1. Схема частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией

Частотный преобразователь с широтно-импульсной модуляцией состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя В, автономного инвертора, системы управления ШИМ, системы автоматического регулирования, дросселя L_B и конденсатора фильтра СВ. Первым делом сетевое напряжение выпрямляется диодным выпрямителем (мостом), а затем сглаживается и фильтруется с помощью конденсатора фильтра. После этого в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления производится регулирование выходной частоты $f_{\text{вых}}$ и выходного напряжения $U_{\text{вых}}$. На выходе преобразователя частоты наблюдаются прямоугольные импульсы, однако за счет индуктивности обмоток статора асинхронного электродвигателя они интегрируются и переходят в синусоидальное напряжение.

Регулирование пускового тока при помощи частотного преобразователя

Высокие пусковые токи электродвигателей – нежелательное явление, так как они могут стать причиной падения напряжения оборудования. В следствии этого при подключении и наладке двигателей переменного тока обычно стоит задача придать пусковым токам наименьшее значение, а также увеличить плавность пуска двигателя за счет использования специального вспомогательного оборудования.

Частотные преобразователи считаются одной из наиболее действенных категорий приборов, позволяющих облегчить запуск электродвигателей. Наиболее ценным признается их особенность поддерживать пусковой ток двигателей переменного тока в течении продолжительного периода времени.

Чтобы подобрать подходящий к асинхронному электродвигателю частотный преобразователь, следует произвести расчет его пускового тока. Это можно сделать следующим образом.

Величина пускового тока рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{пуск}} = I_n \cdot K_{\text{пуск}}$$

где I_n – номинальная величина тока

$K_{\text{пуск}}$ – кратность постоянного тока к номинальному значению (указывается в технической документации к электродвигателю).

Определение номинального тока трехфазного электродвигателя переменного тока выполняется согласно формуле:

$$I_n = \frac{1000 \cdot P_n}{U_n \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{\eta_n}},$$

где P_n – номинальная мощность двигателя,
 U_n – номинальное напряжение,
 η_n – номинальный коэффициент полезного действия,

$\cos \varphi$ – номинальный коэффициент мощности электромотора.

Все эти данные также можно найти в технической документации к двигателю.

Зная пусковой ток электродвигателя, можно правильно подобрать частотный преобразователь. Желательно, чтобы ток частотного преобразователя был больше тока возможных перегрузок, а его мощность следует выбирать на 10–15% выше мощности двигателя. Если привод подвержен еще и ударным нагрузкам, то необходимо вновь взять запас 10%.

Регулировка скорости вращения ротора при помощи частотного преобразователя

Чтобы обеспечить нормальную работу асинхронного двигателя, надо привести скорости вращения магнитного поля статора и ротора к близким значениям. Разность скоростей вращения магнитного поля статора и ротора асинхронного электродвигателя характеризует величина

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_2},$$

скольжения

где n_1 – синхронная скорость вращения поля, об/мин;

n_2 – скорость вращения ротора, об/мин.

В свою очередь, величина скольжения определяется моментом вращения двигателя. В асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором момент можно изменить с помощью частотных преобразователей. Принцип частотного способа регулировки скорости асинхронного двигателя состоит в том, что, изменяя частоту питающего напряжения, можно в соответствии с выражением

где n – частота вращения магнитного поля статора,
 f – промышленная частота,

p – число пар полюсов.

при неизменном p регулировать угловую скорость магнитного поля статора, что в свою очередь, позволяет изменять скорость вращения ротора. Данный способ является одним из самых перспективных при регулировании асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. При частотном регулировании минимальны потери скольжения и, как правило, весьма незначительны и потери мощности.

Таким образом, применение частотных преобразователей с широтно-импульсной модуляцией в качестве дополнительного оборудования к асинхронному электродвигателю дает возможность эффективно устранять основные недостатки, связанные с его работой, а именно осуществляется:

- плавный пуск электродвигателя, что приводит к уменьшению его износа;
- экономия электроэнергии при переменной нагрузке;
- регулирование скорости вращения;
- управляемое торможение и автоматический перезапуск при отсутствии сетевого напряжения.

Однако следует отметить, что для частотных преобразователей характерны наличие помех для высокочувствительного оборудования и относительно высокая стоимость.

Практическая работа № 9

Исследование работы асинхронного трехфазного двигателя

Цель работы: изучение основ работы асинхронного трехфазного двигателя.

Задание:

Внимательно изучите материал по теме.

Ответьте на вопросы:

- a. Понятие асинхронного электродвигателя.
- b. Устройство и назначение узлов асинхронного электродвигателя.
- c. Опишите принцип работы асинхронного электродвигателя.
- d. Устройство, назначение узлов и принцип работы трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
- e. Концепция вращающегося магнитного поля.
- f. Скольжение асинхронного двигателя.
- g. Скорость вращения ротора.
- h. Подключение асинхронного двигателя.

- i. Подключение трехфазного асинхронного двигателя к однофазной сети с помощью фазосдвигающего элемента.
- j. Управление асинхронным двигателем.
- k. Плавный пуск асинхронного электродвигателя.
- l. Частотное управление асинхронным электродвигателем.
- m. Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором (устройство, назначение узлов, пуск и принцип работы).

Трехфазный асинхронный электродвигатель - это асинхронный электродвигатель, который имеет трехфазную обмотку статора.

Конструкция асинхронного электродвигателя

Трехфазный асинхронный электродвигатель, как и любой электродвигатель, состоит из двух основных частей - статора и ротора. Статор - неподвижная часть, ротор - вращающаяся часть. Ротор размещается внутри статора. Между ротором и статором имеется небольшое расстояние, называемое воздушным зазором, обычно 0,5-2 мм.



Рис. 1 Статор асинхронного двигателя



Рис. 2 Ротор асинхронного двигателя

Статор состоит из корпуса и сердечника с обмоткой. Сердечник статора собирается из тонколистовой технической стали толщиной обычно 0,5 мм, покрытой изоляционным лаком. Шихтованная конструкция сердечника способствует значительному снижению вихревых токов, возникающих в процессе перемагничивания сердечника вращающимся магнитным полем. Обмотки статора располагаются в пазах сердечника.



Рис. 3 Корпус и сердечник статора асинхронного электродвигателя



Рис. 4 Конструкция шихтованного сердечника асинхронного двигателя

Ротор состоит из сердечника с короткозамкнутой обмоткой и вала. Сердечник ротора тоже имеет шихтованную конструкцию. При этом листы ротора не покрыты лаком, так как ток имеет небольшую частоту и оксидной пленки достаточно для ограничения вихревых токов.

Принцип работы. Вращающееся магнитное поле

Принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя основан на способности трехфазной обмотки при включении ее в сеть трехфазного тока создавать вращающееся магнитное поле.

Вращающееся магнитное поле - это основная концепция электрических двигателей и генераторов.



Рис. 5 Вращающееся магнитное поле асинхронного электродвигателя

Частота вращения этого поля, или синхронная частота вращения прямо пропорциональна частоте переменного тока f_1 и обратно пропорциональна числу пар полюсов p трехфазной обмотки.

$$n_1 = \frac{f_1 \cdot 60}{p}$$

где n_1 – частота вращения магнитного поля статора, об/мин,
 f_1 – частота переменного тока, Гц,
 p – число пар полюсов

Концепция вращающегося магнитного поля

Чтобы понять феномен вращающегося магнитного поля лучше, рассмотрим упрощенную трехфазную обмотку с тремя витками. Ток, текущий по проводнику создает магнитное поле вокруг него. На рисунке ниже показано поле, создаваемое трехфазным переменным током в конкретный момент времени.

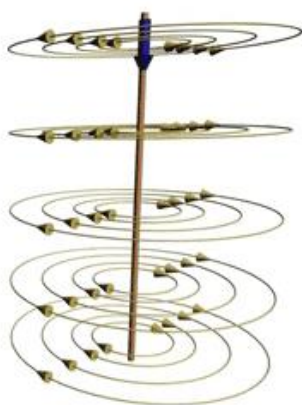
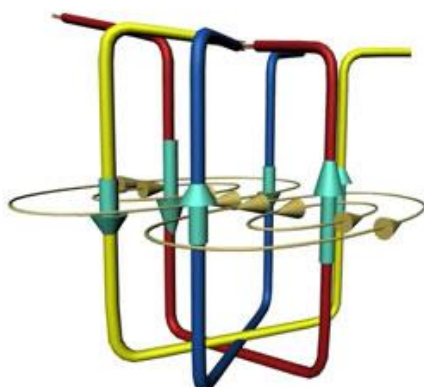


Рис. 6 Магнитное поле прямого проводника с постоянным током

Рис. 7 Магнитное поле,

Составляющие



создаваемое обмоткой

переменного тока будут изменяться

со временем, в результате чего будет изменяться создаваемое ими магнитное поле. При этом результирующее магнитное поле трехфазной обмотки будет принимать разную ориентацию, сохраняя при этом одинаковую амплитуду.

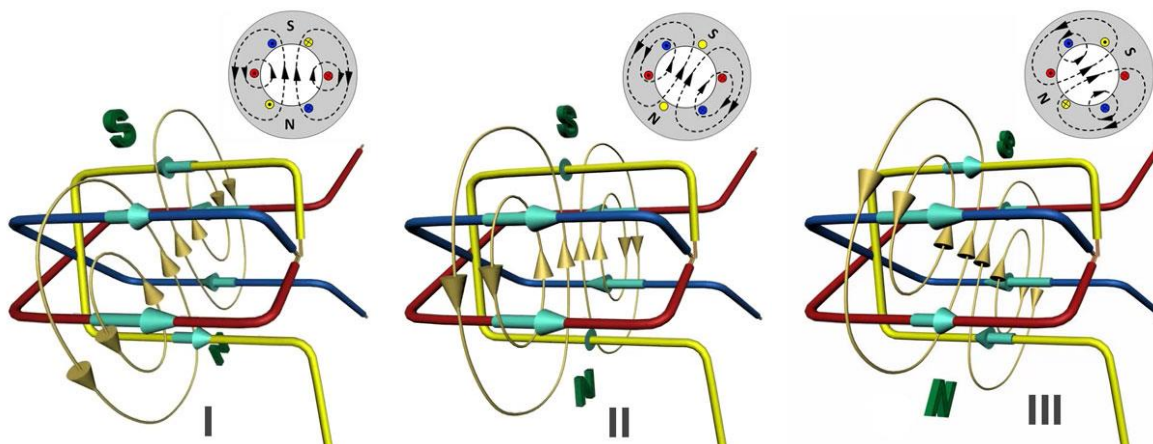


Рис. 8 Магнитное поле создаваемое трехфазным током в разный момент времени

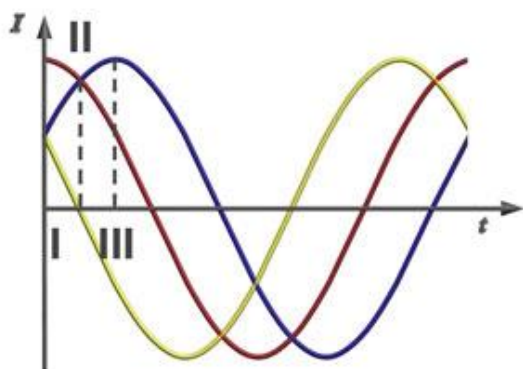


Рис. 9 Ток протекающий в витках электродвигателя (сдвиг 60°)

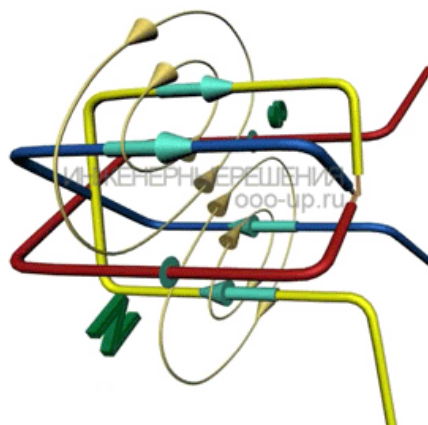


Рис. 10 Вращающееся магнитное поле

Действие вращающегося магнитного поля на замкнутый виток

Теперь разместим замкнутый проводник внутри вращающегося магнитного поля. По закону электромагнитной индукции изменяющееся магнитное поле приведет к возникновению электродвижущей силы (ЭДС) в проводнике. В свою очередь ЭДС вызовет ток в проводнике.

Таким образом, в магнитном поле будет находиться замкнутый проводник с током, на который согласно закону Ампера ($F = BIL \sin \alpha$, где F – сила Ампера (сила, с которой проводники отталкиваются или притягиваются), B – магнитная индукция, I – сила тока, L – длина проводника, α – угол между направлением тока и направлением магнитной индукции) будет действовать сила, в результате чего контур начнет вращаться.

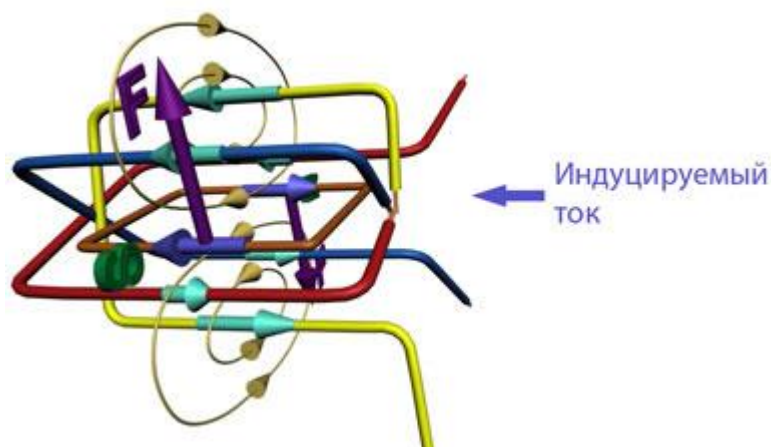


Рис. 11 Влияние вращающегося магнитного поля на замкнутый проводник с током

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором

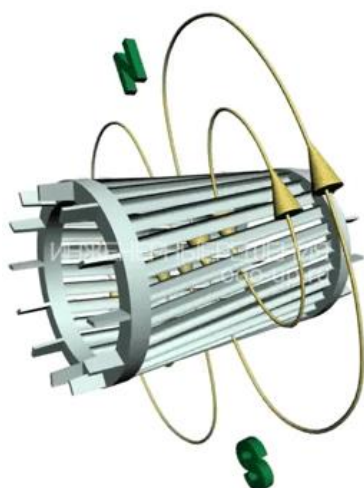
Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором - это асинхронный электродвигатель, у которого ротор выполнен с короткозамкнутой обмоткой в виде беличьей клетки.

Короткозамкнутый ротор асинхронного двигателя

По этому принципу также работает асинхронный электродвигатель. Вместо рамки с током внутри асинхронного двигателя находится короткозамкнутый ротор по конструкции напоминающий беличье колесо. Короткозамкнутый ротор состоит из стержней, накоротко замкнутых с торцов кольцами.



Рис.12 Короткозамкнутый ротор "беличья клетка" наиболее широко используемый в асинхронных электродвигателях (показан без вала и сердечника)



Трехфазный переменный ток, проходя по обмоткам статора, создает вращающееся магнитное поле. Таким образом, также как было описано ранее, в стержнях ротора будет индуцироваться ток, в результате чего ротор начнет вращаться. На рисунке ниже Вы можете заметить различие между индуцируемыми токами в стержнях. Это происходит из-за того, что величина изменения магнитного поля отличается в разных парах стержней, из-за их разного расположения относительно поля. Изменение тока в стержнях будет изменяться со временем.

Рис. 13 Вращающееся магнитное поле пронизывающее короткозамкнутый ротор

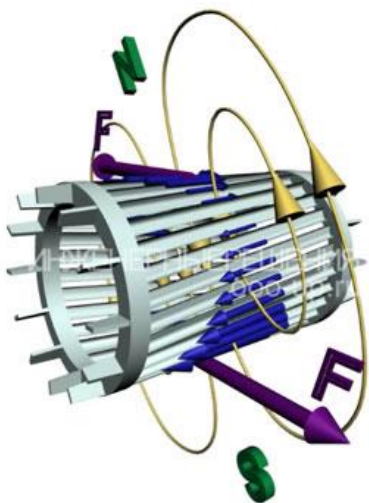


Рис. 14 Магнитный момент действующий на ротор

Вы также можете заметить, что стержни ротора наклонены относительно оси вращения. Это делается для того чтобы уменьшить высшие гармоники ЭДС и избавиться от пульсации момента. Если стержни были бы направлены вдоль оси вращения, то в них возникало бы пульсирующее магнитное поле из-за того, что магнитное сопротивление обмотки значительно выше магнитного сопротивления зубцов статора.

Скольжение асинхронного двигателя. Скорость вращения ротора

Отличительный признак асинхронного двигателя состоит в том, что частота вращения ротора n_2 меньше синхронной частоты вращения магнитного поля статора n_1 .

Объясняется это тем, что ЭДС в стержнях обмотки ротора индуцируется только при неравенстве частот вращения $n_2 < n_1$. Частота вращения поля статора относительно ротора определяется частотой скольжения $s = n_1 - n_2$. Отставание ротора от вращающегося поля статора характеризуется относительной величиной s , называемой скольжением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

где s – скольжение асинхронного электродвигателя,

n_1 – частота вращения магнитного поля статора, об/мин,

n_2 – частота вращения ротора, об/мин.

Рассмотрим случай, когда частота вращения ротора будет совпадать с частотой вращения магнитного поля статора. В таком случае относительное магнитное поле ротора будет постоянным, таким образом в стержнях ротора не будет создаваться ЭДС, а, следовательно, и ток. Это значит, что сила, действующая на ротор будет равна нулю. Таким образом ротор будет замедляться. После чего на стержни ротора опять будет действовать переменное магнитное поле, таким образом будет расти индуцируемый ток и сила. В реальности же ротор асинхронного электродвигателя никогда не достигнет скорости вращения магнитного поля статора. Ротор будет вращаться с некоторой скоростью которая немного меньше синхронной скорости.

Скольжение асинхронного двигателя может изменяться в диапазоне от 0 до 1, т. е. 0—100%. Если $s \sim 0$, то это соответствует режиму холостого хода, когда ротор двигателя практически не испытывает противодействующего момента; если $s = 1$ — режиму короткого замыкания, при котором ротор двигателя неподвижен ($n_2 = 0$). Скольжение зависит от механической нагрузки на валу двигателя и с ее ростом увеличивается.

Скольжение, соответствующее номинальной нагрузке двигателя, называется номинальным скольжением. Для асинхронных двигателей малой и средней мощности номинальное скольжение изменяется в пределах от 8% до 2%.

Преобразование энергии

Асинхронный двигатель преобразует электрическую энергию, подаваемую на обмотки статора, в механическую (вращение вала ротора). Но входная и выходная мощность не равны друг другу так как во время преобразования происходят потери энергии: на трение, нагрев, вихревые токи и потери на гистерезисе. Это энергия рассеивается как тепло. Поэтому асинхронный электродвигатель имеет вентилятор для охлаждения.

Подключение асинхронного двигателя

Трехфазный переменный ток

Электрическая сеть трехфазного переменного тока получила наиболее широкое распространение среди электрических систем передачи энергии. Главным преимуществом трехфазной системы по сравнению с однофазной и двухфазной системами является ее экономичность. В трехфазной цепи энергия передается по трем проводам, а токи текущие в разных проводах сдвинуты относительно друг друга по фазе на 120° , при этом синусоидальные ЭДС на разных фазах имеют одинаковую частоту и амплитуду.

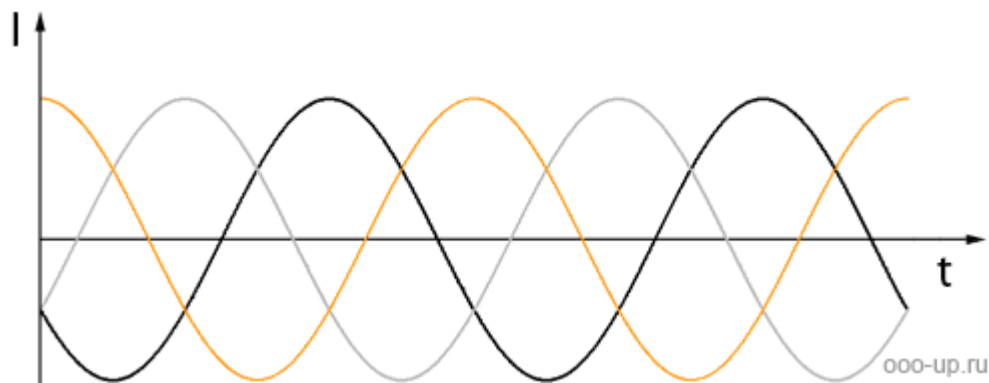


Рис. 15 Трехфазный ток (разница фаз 120°)

Звезда и треугольник

Трехфазная обмотка статора электродвигателя соединяется по схеме "звезда" или "треугольник" в зависимости от напряжения питания сети. Концы трехфазной обмотки могут быть: соединены внутри электродвигателя (из двигателя выходит три провода), выведены наружу (выходит шесть проводов), выведены в распределительную коробку (в коробку выходит шесть проводов, из коробки три).

Фазное напряжение - разница потенциалов между началом и концом одной фазы. Другое определение: фазное напряжение — это разница потенциалов между линейным проводом и нейтралью.

Линейное напряжение - разность потенциалов между двумя линейными проводами (между фазами).

Звезда	Треугольник	Обозначение
$U_L = \sqrt{3}U_\phi$	$U_L = U_\phi$	U_L, U_ϕ - линейное и фазовое напряжение, В,
$I_L = I_\phi$	$I_L = \sqrt{3}I_\phi$	I_L, I_ϕ - линейный и фазовый ток, А,
$S = 3S_\phi = \sqrt{3}I_L U_L$	$S = \sqrt{3}I_L U_L$	S - полная мощность, Вт
$P = \sqrt{3}I_L U_L \cos\varphi$	$P = \sqrt{3}I_L U_L \cos\varphi$	P - активная мощность, Вт



Внимание: Несмотря на то, что мощность для соединений в звезду и треугольник вычисляется по одной формуле, подключение одного и того же электродвигателя разным способом в одну и ту же электрическую сеть приведет к потреблению разной мощности. При этом не правильное подключение электродвигателя, может привести к расплавлению обмоток статора.



Пример: Допустим электродвигатель был подключен по схеме "звезда" к трехфазной сети переменного тока $U_L=380$ В (соответственно $U_\phi=220$ В) и потреблял ток $I_L=1$ А. Полная потребляемая мощность:

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 1 = 658 \text{ Вт.}$$

Теперь изменим схему соединения на "треугольник", линейное напряжение останется таким же $U_L=380$ В, а фазовое напряжение увеличится в корень из 3 раз $U_\phi=U_L=380$ В. Увеличение фазового напряжения приведет к увеличению фазового тока в корень из 3 раз. Таким образом линейный ток схемы "треугольник" будет в три раза больше линейного тока схемы "звезда". А следовательно и потребляемая мощность будет в 3 раза больше:

$$S = 1,73 \cdot 380 \cdot 3 = 1975 \text{ Вт.}$$

Таким образом, если двигатель рассчитан на подключение к трехфазной сети переменного тока по схеме "звезда", подключение данного электродвигателя по схеме "треугольник" может привести к его поломке.

Если в нормальном режиме электродвигатель подключен по схеме "треугольник", то для уменьшения пусковых токов на время пуска его можно соединить по схеме звезда. При этом вместе с пусковым током уменьшится также пусковой момент.

Обозначения выводов электродвигателя



Схема подключения “звезда”

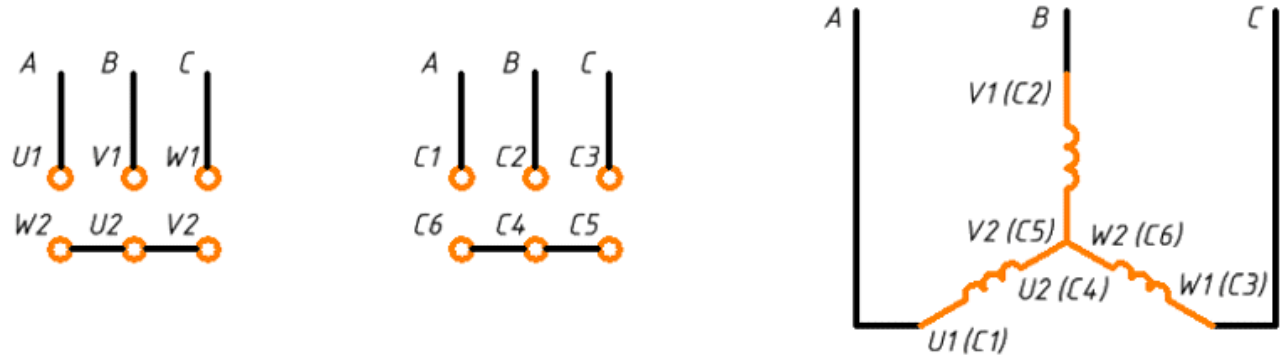


Схема подключения “треугольник”

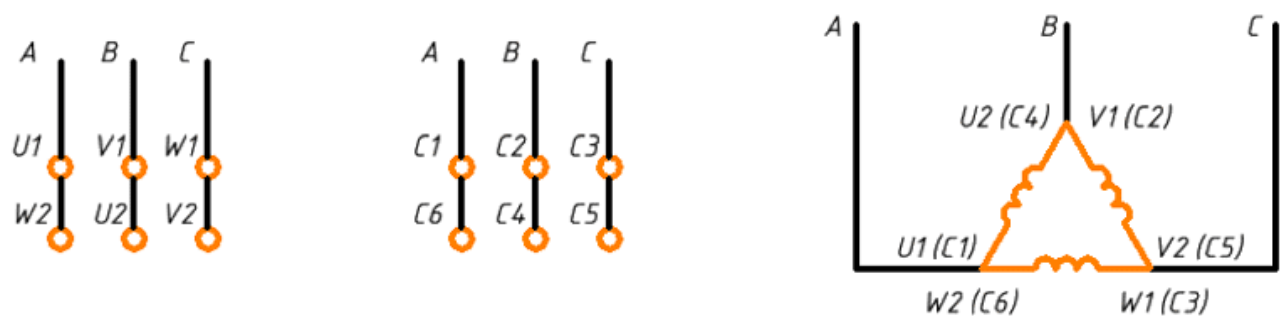


Рис. 16 Подключение электродвигателя по схеме звезда и треугольник

Обозначение выводов статора трехфазного электродвигателя

Обозначение выводов обмоток статора **вновь разрабатываемых** трехфазных машин согласно ГОСТ 26772-85 [2]

Схема соединения обмоток, наименование фазы и вывода	Обозначение вывода	
	Начало	Конец
Открытая схема (число выводов 6)		
первая фаза	U1	U2
вторая фаза	V1	V2
третья фаза	W1	W2
Соединение в звезду (число выводов 3 или 4)		
первая фаза	U	
вторая фаза	V	
третья фаза	W	
точка звезды (нулевая точка)	N	
Соединение в треугольник (число выводов 3)		
первый вывод	U	
второй вывод	V	
третий вывод	W	

Обозначение выводов обмоток статора **ранее разработанных** и модернизируемых трехфазных машин согласно ГОСТ 26772-85

Схема соединения обмоток, наименование фазы и вывода	Обозначение вывода	
	Начало	Конец
Открытая схема (число выводов 6)		
первая фаза	C1	C4
вторая фаза	C2	C5
третья фаза	C3	C6
Соединение звездой (число выводов 3 или 4)		
первая фаза	C1	
вторая фаза	C2	
третья фаза	C3	
нулевая точка	0	
Соединение треугольником (число выводов 3)		
первый вывод	C1	
второй вывод	C2	
третий вывод	C3	

Подключение трехфазного асинхронного двигателя к однофазной сети с помощью фазосдвигающего элемента

Трехфазные асинхронные электродвигатели могут быть подключены к однофазной сети с помощью фазосдвигающих элементов. При этом электродвигатель будет работать либо в режиме *однофазного двигателя* с пусковой обмоткой (рисунок 17, а, б, г) либо в режиме *конденсаторного двигателя* с постоянно включенным рабочим конденсатором (рисунок 17, в, д, е).

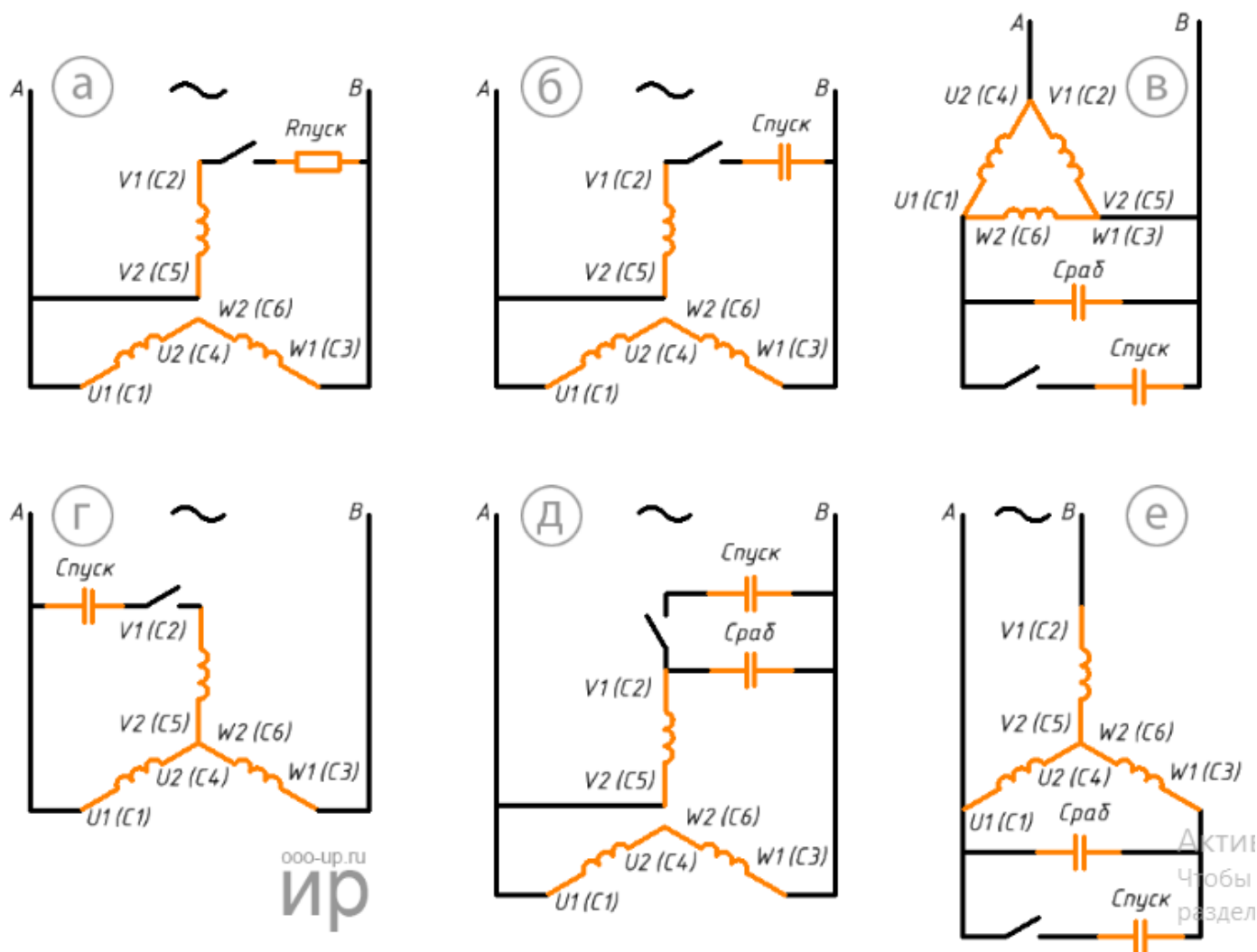


Рис. 17 Схемы подключения трехфазного асинхронного электродвигателя к однофазной сети

Схемы, приведенные на рисунке "а", "б", "д" применяются, когда выведены все шесть концов обмотки. Электродвигатели с соединением обмоток согласно схемам "а", "б", "г" практически равноценны двигателям, которые спроектированы как однофазные электродвигатели с пусковой обмоткой. Номинальная мощность при этом составляет 40-50% от мощности в трехфазном режиме, а при работе с рабочим конденсатором 75-80%.

Емкость рабочего конденсатора при частоте тока 50 Гц для схем "в", "д", "е" примерно рассчитывается соответственно по формулам:

$$\text{в) } C_{\text{раб}} \approx 4800 \frac{I_{\text{ном}}}{U_1} \quad \text{д) } C_{\text{раб}} \approx 2700 \frac{I_{\text{ном}}}{U_1} \quad \text{е) } C_{\text{раб}} \approx 2800 \frac{I_{\text{ном}}}{U_1}$$

где $C_{\text{раб}}$ - емкость рабочего конденсатора, мкФ,

$I_{\text{ном}}$ – номинальный (фазный) ток статора трехфазного двигателя, А,

U_1 – напряжение однофазной сети, В.

Управление асинхронным двигателем

Способы подключения асинхронного электродвигателя к сети питания:

- прямое подключение к сети питания
- подключение от устройства плавного пуска

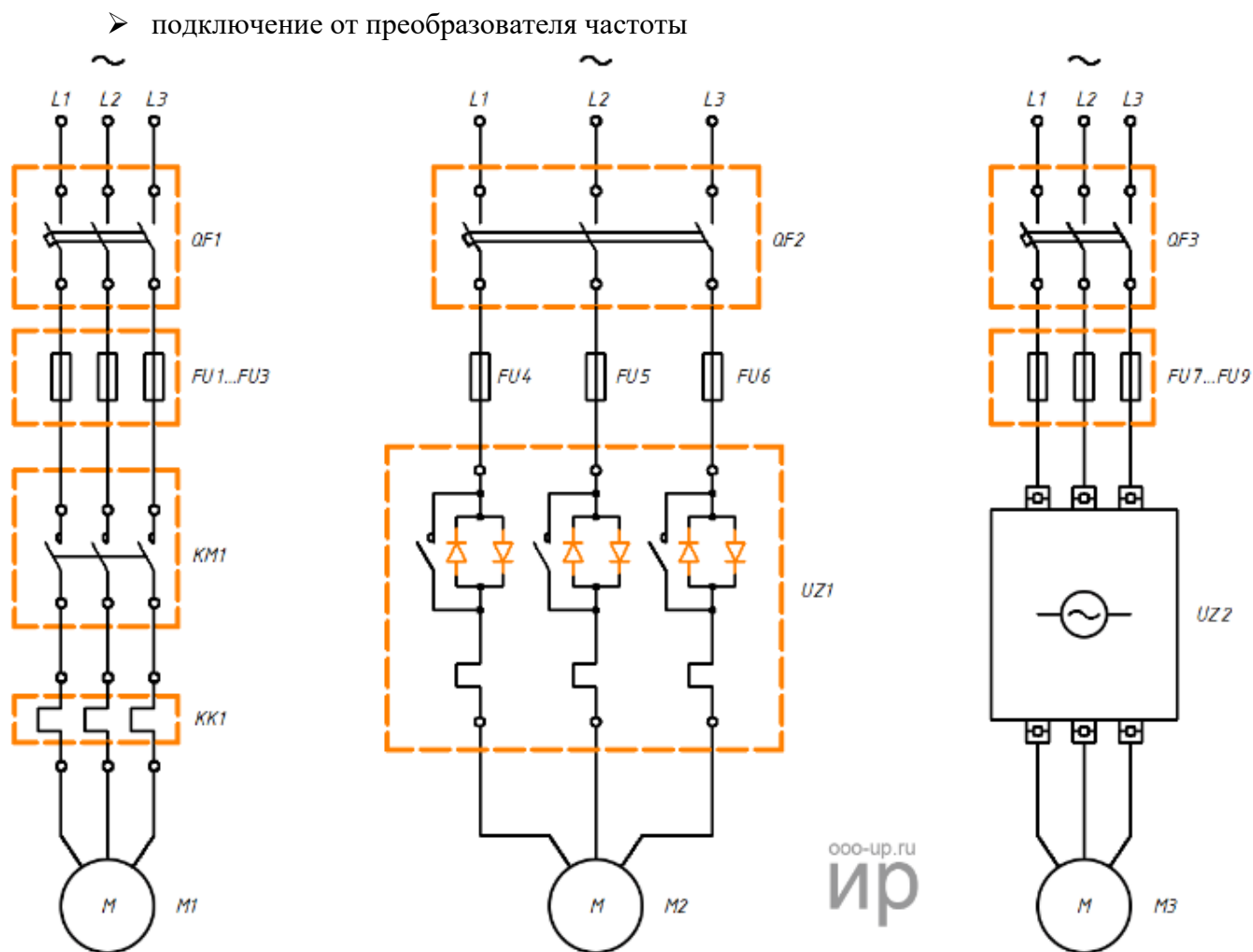


Рис. 18 Варианты подключения асинхронного электродвигателя с помощью магнитного пускателя (слева), устройства плавного пуска (посередине) и частотного преобразователя (справа).

FU1-FU9 - плавкие предохранители, KK1 - тепловое реле, KM1 - магнитный пускатель, L1-L3 - контакты для подключения к сети трехфазного переменного тока, M1-M3 - асинхронные электродвигатели, QF1-QF3 - автоматические выключатели, UZ1 - устройство плавного пуска, UZ2 - преобразователь частоты.

Прямое подключение к сети питания

Использование магнитных пускателей позволяет управлять асинхронными электродвигателями путем непосредственного подключения двигателя к сети переменного тока.

С помощью магнитных пускателей можно реализовать схему:

- нереверсивного пуска: пуск и остановка;
- реверсивного пуска: пуск, остановка и реверс.

Использование теплового реле позволяет осуществить защиту электродвигателя от величин тока, намного превышающих номинальное значение.

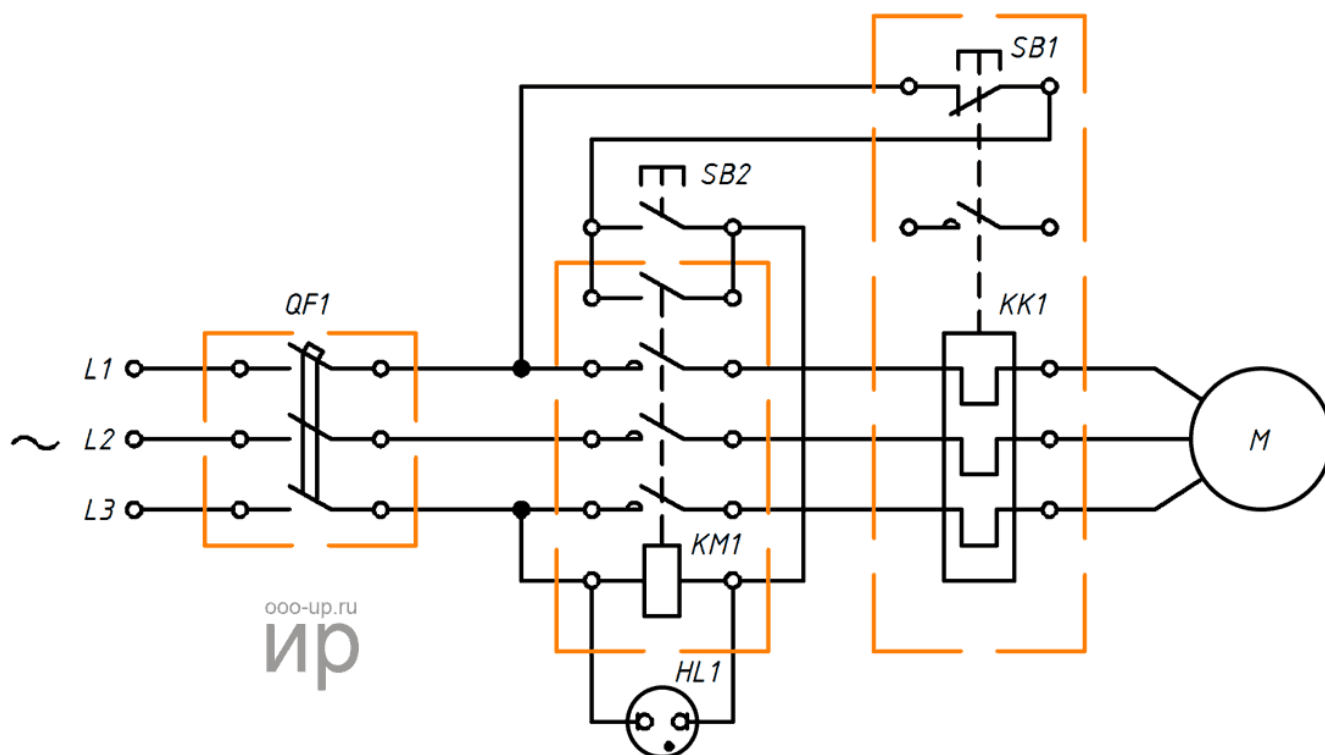


Рис. 19 Неревверсивная схема подключения трехфазного асинхронного электродвигателя к трехфазной сети переменного электрического тока через магнитный пускатель

L1, L2, L3 - контакты для подключения к сети трехфазного переменного тока, QF1 - автоматический выключатель, SB1 - кнопка остановки, SB2 - кнопка пуска, KM1 - магнитный пускатель, KK1 - тепловое реле, HL1 - сигнальная лампа, М - трехфазный асинхронный двигатель.

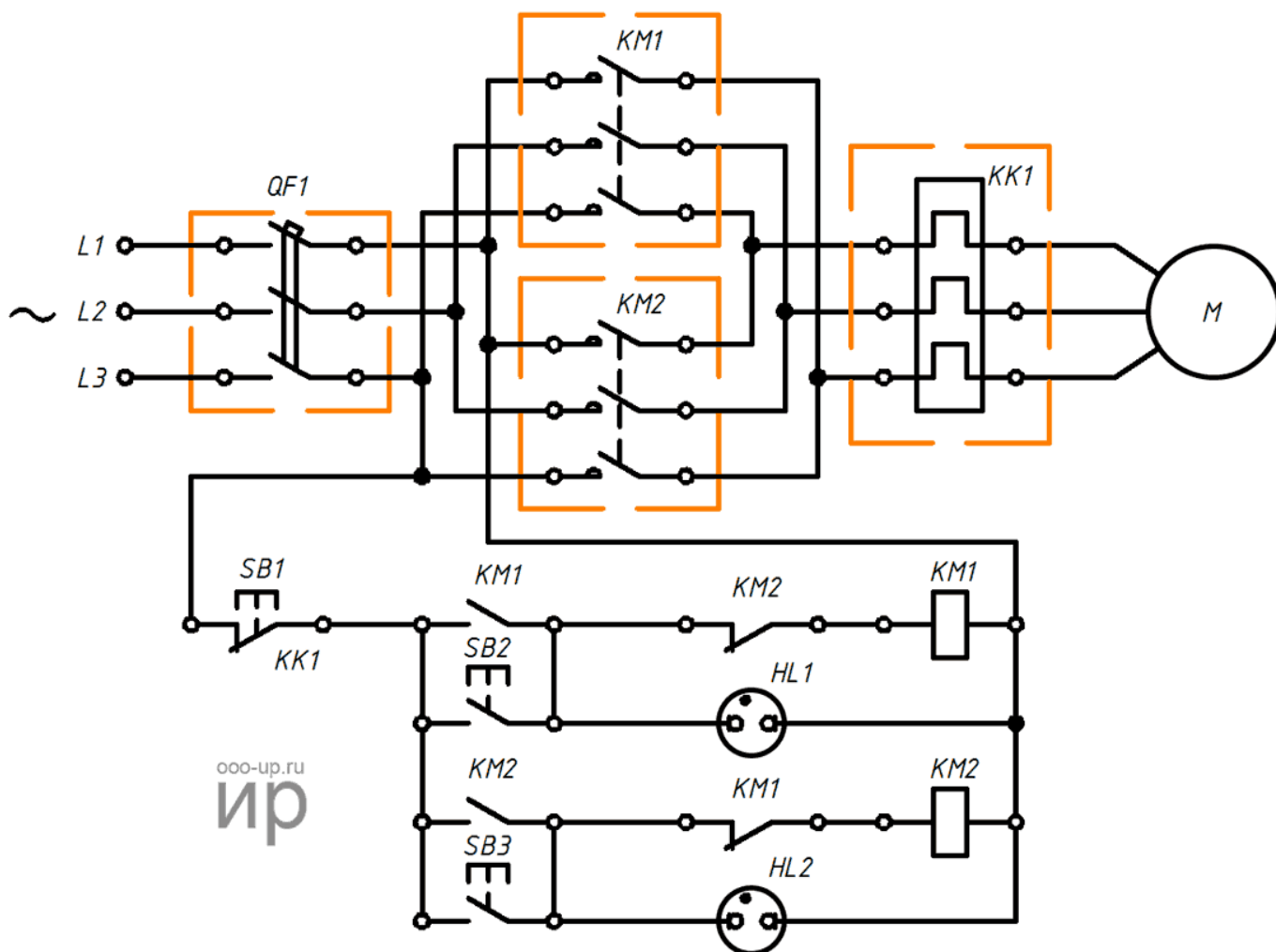


Рис. 20 Реверсивная схема подключения трехфазного асинхронного электродвигателя к трехфазной сети переменного электрического тока через магнитные пускатели

L1, L2, L3 - контакты для подключения к сети трехфазного переменного тока, QF1 - автоматический выключатель, KM1, KM2 - магнитные пускатели, KK1 - тепловое реле, М - трехфазный асинхронный двигатель, SB1 - кнопка остановки, SB2 - кнопка пуска "вперед", SB3 - кнопка пуска "назад" (реверс), HL1, HL2 - сигнальные лампы.

Недостатком прямой коммутации обмоток асинхронного электродвигателя с сетью является наличие больших пусковых токов, во время запуска электродвигателя.

Плавный пуск асинхронного электродвигателя

В задачах, где не требуется регулировка скорости электродвигателя во время работы для уменьшения пусковых токов используется устройство плавного пуска.

Устройство плавного пуска защищает асинхронный электродвигатель от повреждений вызванных резким увеличением потребляемой энергии во время пуска путем ограничения пусковых токов. Устройство плавного пуска позволяет обеспечить плавный разгон и торможение асинхронного электродвигателя.

Устройство плавного пуска дешевле и компактнее частотного преобразователя. Применяется там, где регулировка скорости вращения и момента требуется только при запуске.

Частотное управление асинхронным электродвигателем

Для регулирования скорости вращения и момента асинхронного двигателя используют частотный преобразователь. Принцип действия частотного преобразователя основан на изменении частоты и напряжения переменного тока.

Использование частотного преобразователя позволяет:

- уменьшить энергопотребление электродвигателя;
- управлять скоростью вращения электродвигателя (плавный запуск и остановка, регулировка скорости во время работы);
- избежать перегрузок электродвигателя и тем самым увеличить его срок службы.



Рис. 21 Функциональная схема частотно-регулируемого привода

В зависимости от функционала частотные преобразователи реализуют следующие методы регулирования асинхронным электродвигателем:

- скалярное управление;
- векторное управление.

Скалярное управление является простым и дешевым в реализации, но имеет следующие недостатки - медленный отклик на изменение нагрузки и небольшой диапазон регулирования. Поэтому скалярное управление обычно используется в задачах, где нагрузка либо постоянна, либо изменяется по известному закону (например, управление вентиляторами).

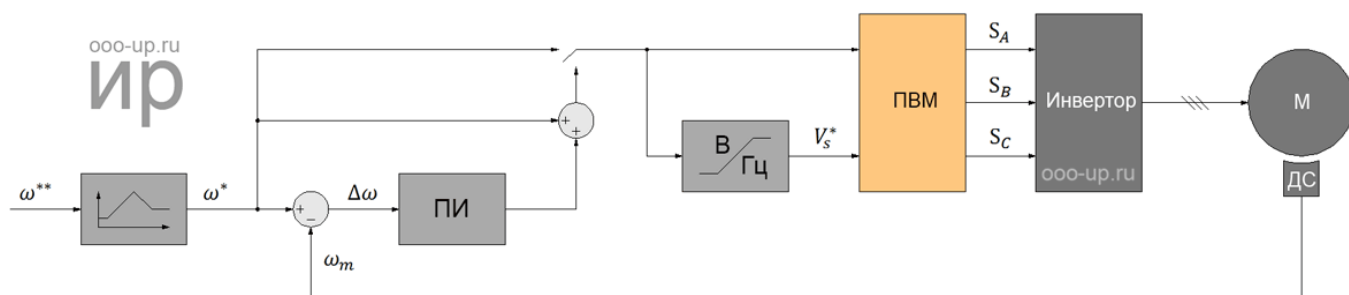


Рис.22 Скалярное управление асинхронным двигателем с датчиком скорости

Векторное управление используется в задачах, где требуется независимо управлять скоростью и моментом электродвигателя (например, лифт), что, в частности, позволяет

поддерживать постоянную скорость вращения при изменяющемся моменте нагрузки. При этом векторное управление является самым эффективным управлением с точки зрения КПД и увеличения времени работы электродвигателя.

Среди векторных методов управления асинхронными электродвигателями наиболее широкое применение получили: *полеориентированное управление* и *прямое управление моментом*.

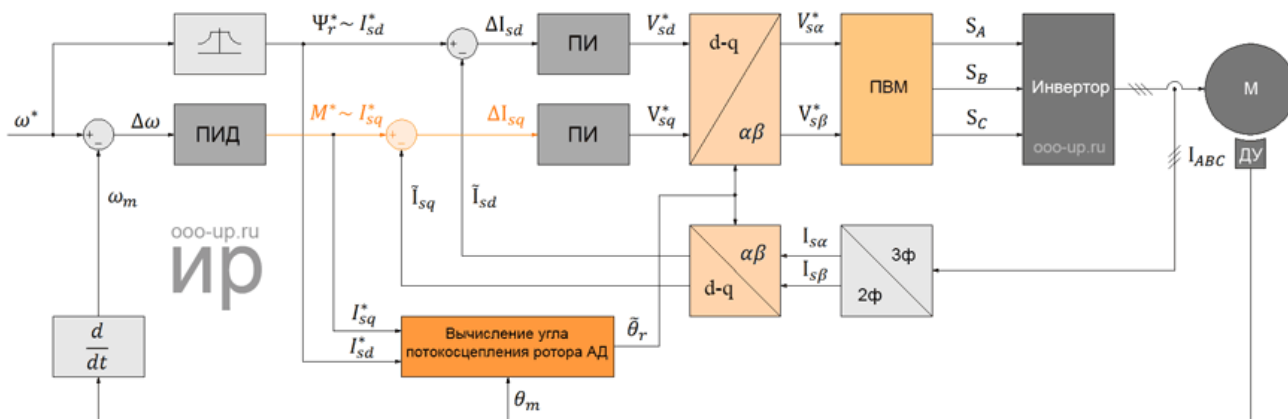


Рис.23 Полеориентированное управления асинхронным электродвигателем по датчику положения ротора

Полеориентированное управление позволяет плавно и точно управлять параметрами движения (скоростью и моментом), но при этом для его реализации требуется информация о направлении вектора потокосцепления ротора двигателя.

По способу получения информации о положении потокосцепления ротора электродвигателя выделяют:

- полеориентированное управление по датчику;
- полеориентированное управление без датчика: положение потокосцепления ротора вычисляется математически на основе той информации, которая имеется в частотном преобразователе (напряжение питания, напряжения и токи статора, сопротивление и индуктивность обмоток статора и ротора, количество пар полюсов двигателя).

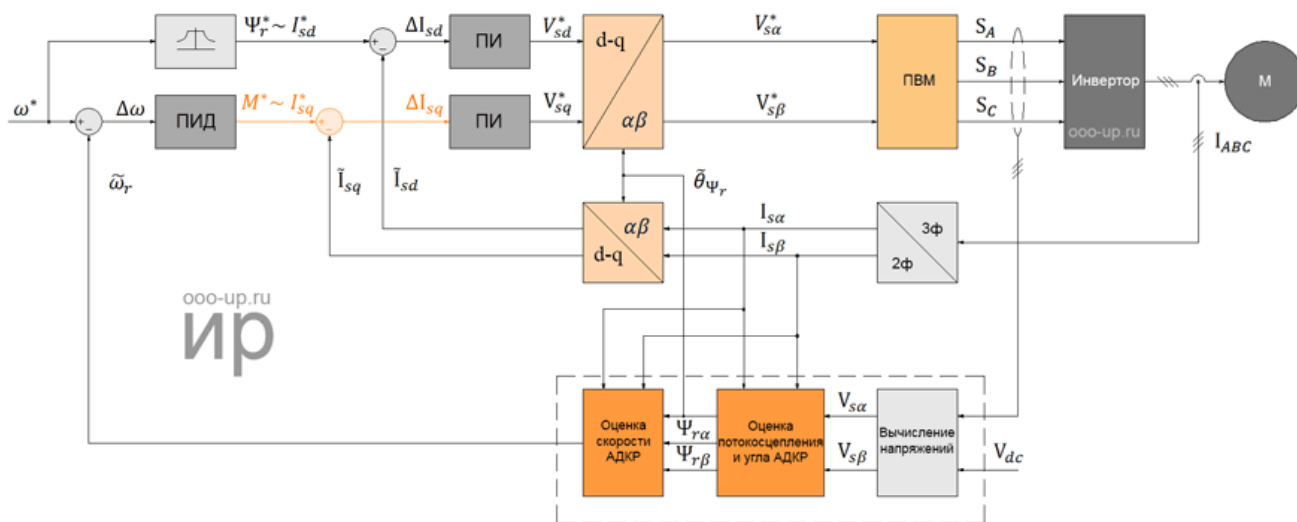


Рис. 24 Полеориентированное управления асинхронным электродвигателем без датчика положения ротора

Прямое управление моментом имеет простую схему и высокую динамику работы, но при этом высокие пульсации момента и тока.

Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором

Асинхронный двигатель с фазным ротором - асинхронный двигатель, у которого обмотка ротора присоединена к контактным кольцам.

До широкого распространения частотных преобразователей асинхронные двигатели средней и большой мощности делали с фазным ротором. Трехфазные асинхронные двигатели с фазным ротором (АДФР) обычно применяли в устройствах с тяжелыми условиями пуска, например, в качестве крановых двигателей переменного тока, или же для привода устройств, требующих плавного регулирования частоты вращения.

Конструкция АДФР

Фазный ротор

Конструктивно фазный ротор представляет из себя трехфазную обмотку (аналогичную обмотки статора) уложенную в пазы сердечника фазного ротора. Концы фаз такой обмотки ротора обычно соединяются в "звезду", а начала подключают к контактным кольцам, изолированным друг от друга и от вала. Через щетки к контактным кольцам обычно присоединяется трехфазный пусковой или регулировочный реостат. Асинхронные двигатели с фазным ротором имеют более сложную конструкцию, чем у двигателей с короткозамкнутым ротором, однако обладают лучшими пусковыми и регулировочными свойствами.



Рис. 25 Фазный ротор

Статор АДФР

Статор асинхронного двигателя с фазным ротором по конструкции не отличается от статора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Обозначение выводов вторичных обмоток трехфазного АДФР

Обозначение выводов обмоток ротора **вновь разрабатываемых** трехфазных машин согласно ГОСТ 26772-85 [2]

Схема соединения обмоток, наименование фазы и вывода	Обозначение вывода	
	Начало	Конец
Открытая схема (число выводов 6)		
первая фаза	K1	K2
вторая фаза	L1	L2
третья фаза	M1	M2
Соединение в звезду (число выводов 3 или 4)		
первая фаза	K	
вторая фаза	L	
третья фаза	M	
точка звезды (нулевая точка)	Q	
Соединение в треугольник (число выводов 3)		
первый вывод	K	
второй вывод	L	
третий вывод	M	

Обозначение выводов обмоток ротора **ранее разработанных** и модернизируемых трехфазных машин согласно ГОСТ 26772-85

Схема соединения обмоток, наименование фазы и вывода	Обозначение вывода
Соединение звездой (число выводов 3 или 4)	
первая фаза	P1
вторая фаза	P2
третья фаза	P3
нулевая точка	0
Соединение треугольником (число выводов 3)	
первый вывод	P1
второй вывод	P2
третий вывод	P3

Примечание: Контактные кольца роторов асинхронных двигателей обозначают так же, как присоединенные к ним выводы обмотки ротора, при этом расположение колец должно быть в порядке цифр, указанных в таблице, а кольцо 1 должно быть наиболее удаленным от обмотки ротора. Обозначение самих колец буквами необязательно.

Пуск АДФР

Пуск двигателей с фазным ротором производится с помощью пускового реостата в цепи ротора.

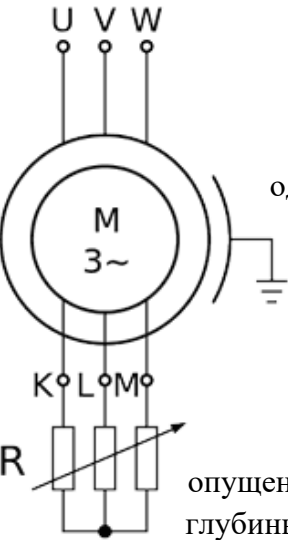
Применяются проволочные и жидкостные реостаты.

Металлические реостаты являются ступенчатыми, и переключение с одной ступени на другую осуществляется либо вручную с помощью рукоятки контроллера, существенным элементом которого является вал с укрепленными на нем контактами, либо же автоматически с помощью контакторов или контроллера с электрическим приводом.

Жидкостный реостат представляет собой сосуд с электролитом, в котором опущены электроды. Сопротивление реостата регулируется путем изменения глубины погружения электродов.

Для повышения КПД и снижения износа щеток некоторые АДФР содержат специальное устройство (короткозамкнутый механизм), которое после запуска поднимает щетки и замыкает кольца.

При реостатном пуске достигаются благоприятные пусковые характеристики, так как высокие значения моментов достигаются при невысоких значениях пусковых токов. В настоящее время АДФР заменяются комбинацией асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и частотным преобразователем.



Практическая работа № 10

Исследования приборов для измерения температуры

Цель работы: изучение основных понятий, шкал и методов измерения температуры.

Задание:

Внимательно изучите материал по теме.

Ответьте на вопросы:

- Опишите понятие «Температура»
- Перечислите шкалы для измерения температуры.
- Опишите методы, используемые для измерения температуры.
- Перечислите группы термометров.
- Перечислите основные метрологические характеристики механических контактных термометров.
- Перечислите группы приборов, для измерения температуры основываясь на их построении в зависимости от физических свойств.

Одним из параметров, наиболее часто подлежащих контролю и регулированию для корректного протекания технологического процесса, является температура.

Температурой называется статистическая величина, характеризующая тепловое состояние тела и пропорциональной средней кинематической энергии молекул тела. За единицу температуры принимают кельвин (К). Температура может быть также представлена в градусах Цельсия (°C). Нуль шкалы Кельвина равен абсолютному нулю, поэтому все температуры по этой шкале положительные. Связь между температурами t по Цельсию и T по Кельвину определяется следующим уравнением:

$$t = T - 273,16.$$

Измерить температуру непосредственно, как, например, линейные размеры, невозможно.

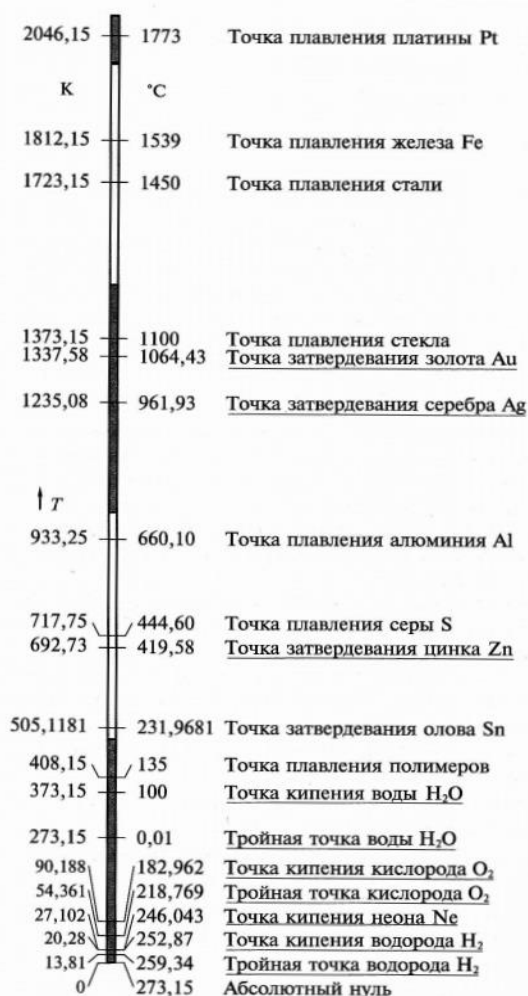
Поэтому температуру определяют косвенно — по изменению физических свойств различных тел, получивших название термометрических.

Измерение температуры связано с преобразованием сигнала измерительной информации (температуры) в какое-либо свойство, связанное с температурой.

Рисунок 1. Международная Температурная шкала (МТШ-90) с реперными точками (подчеркнуты)

Для практических целей, связанных с измерением температуры, принята Международная температурная шкала (МТШ-90) (рис. 2.89), которая является обязательной для всех метрологических органов. Она основывается на ряде воспроизводимых состояний равновесия (реперных точек) некоторых веществ, которым присвоены определенные значения температуры.

Для измерения температуры наибольшее распространение получили следующие методы, основанные:



- на тепловом расширении жидких, газообразных и твердых тел (термомеханический эффект);
- изменении давления внутри замкнутого объема при изменении температуры (манометрические);
- изменении электрического сопротивления тел при изменении температуры (терморезисторы);
- термоэлектрическом эффекте;
- использовании электромагнитного излучения нагретых тел.

Приборы, предназначенные для измерения температуры, называются термометрами. Они подразделяются на две большие группы: контактные и бесконтактные.

Контактное измерение температуры

Термометры расширения нашли широкое распространение в практике контактных измерений температуры. Основные типы механических контактных термометров, их метрологические характеристики, преимущества, недостатки и область применения представлены в табл.1.

Таблица 1. Основные метрологические характеристики механических контактных термометров

Наименование прибора	Тип прибора	Пределы измерений, °С	Погрешность измерения, %	Инерционность	Преимущества	Недостатки	Область применения
Металлические термометры расширения	Дилатометрические	0...1000	±5	Большая	Дешевые, надежные, малое время срабатывания; очень большие перестановочные усилия	Малая точность, высокая инерционность	Температурные выключатели
	Биметаллические	0...500	±5	»	Дешевые, надежные; большие перестановочные усилия	Низкая точность	Оценочный контроль температуры, температурные выключатели
Жидкостные термометры	Жидкостные стеклянные	-55...+600	±1	»	Очень дешевые	Малая механическая прочность, нет дистанционности	Лабораторные термометры, бытовые термометры
	Жидкостные манометрические	-30...+600	±1	»	Дешевые, надежные, не требуют внешних источников энергии; дистанционность до 50 м, большие перестановочные усилия	Температура соединительного капилляра влияет на показания прибора	Промышленные термометры, термореле
	Конденсационные манометрические	0...400	±1	Малая	То же	Нелинейная статическая характеристика	То же
Газовые термометры	С гелиевым заполнением				Принцип измерения соответствует определению термодинамической температуры	Малая механическая прочность, большая трудоемкость процесса измерения	Поверочные (калибровочные) работы

Существует широкий перечень промышленных приборов для измерения температуры, отличающихся по принципу функционирования и способу отображения измеряемого параметра. Часть таких приборов служит для визуального контроля параметров температуры измеряемой среды, другие входят в состав контрольно-измерительных систем в качестве датчиков. Стекланные термометры с использованием эффекта расширения жидкостей при нагревании (спирт, ртуть, толуол) используются для визуального контроля показателей температуры. Для контроля значений температур в диапазоне от $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ служат термометры манометрические. Для мониторинга пространственного распределения температуры (на поверхности объекта) применяются тепловизоры. С целью измерения сверхвысоких значений температур ($2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше) в системах контроля используются пирометры.

В системах, применяемых для дистанционного контроля (управления), используют в качестве сенсоров термопары, электронные термометры и термопреобразователи. Они все имеют приемлемую точность, а также широкий диапазон пределов измерения. Полезная информация на выходе таких датчиков температуры представлена в виде электросигнала, удобного для последующей обработки и отображения.

Общая классификация приборов для измерения температуры

Одним из параметров, наиболее часто подлежащих контролю и регулированию для корректного протекания технологического процесса, является температура.

Приборы для измерения температуры разделяются в зависимости от физических свойств, положенных в основу их построения, на следующие группы:

- термометры расширения: предназначены для измерения температур в диапазоне от -190 до $+500$ градусов Цельсия. Принцип действия термометров расширения основан на свойстве тел под действием температуры изменять объем, а, следовательно, и линейные размеры. Термометры расширения разделяются на жидкостные стекланные и механические (дилатометрические и биметаллические);
- манометрические термометры: предназначены для измерения температуры в диапазоне от -160 до $+600$ градусов Цельсия. Принцип действия манометрических термометров основан на изменении давления жидкости, газа или пара, помещенных в замкнутом объеме, при нагревании или охлаждении этих веществ;
- электрические термометры сопротивления применяются для измерения температур в диапазоне от -200 до $+650$ градусов Цельсия. Принцип действия термометров сопротивления основан на свойстве проводников изменять электрическое сопротивление в зависимости от температуры;
- термоэлектрические преобразователи (термопары) используются при измерения температуры от 0 до $+1800$ градусов Цельсия. Принцип действия термопар основан на свойстве разнородных металлов и сплавов образовывать в спаяе термо электродвижущую силу, зависящую от температуры спаев;
- пирометры излучения применяются для измерения температуры в диапазоне от $+100$ до 2500 градусов Цельсия. Пирометры излучения работают по принципу измерения излучаемой нагретыми телами энергии, изменяющейся в зависимости от температуры этих тел.

Практическая работа № 11

Снятие статических характеристик и изучение принципа работы датчика температуры: термостат

Цель работы: приобретение навыков работы с термометрами сопротивления, а также овладение техникой математической обработки данных, необходимой для

расчета их статических характеристик.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Какие материалы используются в качестве проводника в датчиках температуры.
 - b. На чем основан принцип измерения температуры.
 - c. Перечислите металлические РДТ.
 - d. Опишите принцип работы металлических РДТ.
 - e. Что является мерой чувствительности металлического РДТ.
 - f. Понятие и виды интерполяционных функций.
 - g.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Металлические резистивные датчики температуры (РДТ)

В основе принципа измерения температуры с помощью резистивных датчиков температуры лежит зависимость электрического сопротивления (проводимости) ЧЭ датчиков от температуры. В качестве материалов для изготовления ЧЭ резистивных датчиков температуры используются металлы, их сплавы, а также полупроводники.

Полупроводниковые РДТ называются термисторами. Готовые средства измерения температуры на основе металлических РДТ называются термометрами сопротивления (ТС) или термопреобразователями сопротивления [1,2].

К преимуществам металлических РДТ перед остальными датчиками температуры следует отнести высокую линейность преобразования, широкий диапазон измеряемых температур ($-200^{\circ}\text{C} \dots +600^{\circ}\text{C}$), высокую долговременную стабильность и точность (особенно для платиновых РДТ – платиновых термометров сопротивления). В соответствии с принятой в 1989 г. Международной температурной шкалой 1990 г. (МТШ-90) температура в диапазоне от минус $259,3467^{\circ}\text{C}$ (тройная точка водорода) до плюс $961,78^{\circ}\text{C}$ (точка затвердевания серебра) определяется с помощью эталонного платинового термометра сопротивления [3]. Точность эталонных платиновых термометров сопротивления может достигать $0,0001^{\circ}\text{C}$.

В промышленных целях применяются никелевые, медные и платиновые рабочие термометры сопротивления, точность которых не превышает $0,1^{\circ}\text{C}$.

Принцип работы и классификация металлических РДТ

В соответствии с правилом Матиссена удельное сопротивление металлов зависит от абсолютной температуры, концентрации примесей, дефектов кристаллической решетки, и деформации, причем влияние перечисленных факторов носит аддитивный характер:

$$\rho_{\text{total}} = \rho_t + \rho_i + \rho_d,$$

где ρ_{total} - суммарное удельное сопротивление;

ρ_t – удельное сопротивление проводника;

ρ_i - вклад в удельное сопротивление, обусловленный примесными компонентами и дефектами кристаллической решетки;

ρ_d - вклад в удельное сопротивление, обусловленный де-формацией кристаллической решетки.

Слагаемые ρ_i и ρ_d являются неконтролируемыми, поскольку их изменение может возникнуть в результате процессов окисления, загрязнения, роста зерен (для ρ_i), а также механических деформаций, быстрых температурных изменений (для ρ_d). По этой причине требуемая точность металлического РДТ определяет ограничения на тип и качество применяемого металла, конструктивное исполнение самого датчика, диапазон рабочих

температур, а также на условия эксплуатации (в том числе условия транспортировки и хранения).

Самыми распространенными металлами для изготовления чувствительных элементов (ЧЭ) РДТ являются медь, никель и платина. Медь в качестве материала ЧЭ (чувствительного элемента) применяется потому, что зависимость ее сопротивления от температуры линейна с очень высокой точностью. Однако химическая активность меди не позволяет применять ее при температурах выше +180°C. Кроме того, из-за малого удельного сопротивления, при прочих равных условиях, приходится использовать более длинные проводники, что может приводить к недопустимо большим габаритам датчика. Интерес к никелю обусловлен его высокой чувствительностью к температуре. В интервале температур 0...+100°C его сопротивление увеличивается в 1,67 раза, тогда как у платины – в 1,385 раза. Однако его химическая активность, в частности способность к окислению, может приводить к изменению электрических свойств. Поэтому применение никеля обычно ограничивается температурами ниже +250 °C. Платина, являясь наиболее химически инертным металлом, применяется для изготовления высокоточных ЧЭ РДТ, работающих в широком температурном диапазоне. В соответствии с Международной Температурной Шкалой 1990 г. (МТШ-90) температура в диапазоне от точки равновесия водорода (-259,3467°C) до точки затвердевания серебра (961,78°C) определяется с помощью платинового термометра сопротивления (ПТС), отградуированного в установленных группах реперных точек.

Существует следующая классификация средств измерения температуры на основе металлических РДТ:

рабочие термометры сопротивления (ТС): медные (ТСМ), никелевые (ТСН), платиновые (ТСП);

вторичные эталоны – платиновые термометры сопротивления (ПТС 1, 2...-го разрядов);

первичные эталоны – платиновые термометры сопротивления (ПТС нулевого разряда).

Чувствительность металлических РДТ

Мерой чувствительности металлического РДТ, является температурный коэффициент α , определяемый по формуле:

где $R(100^\circ\text{C})$ – сопротивление РДТ при температуре 100°C;
 $R(0^\circ\text{C})$ – сопротивление РДТ при температуре 0°C. Единица измерения α – Ом/Ом·1/°C-1. Значение коэффициента α зависит от конкретного металла, его чистоты и механической свободы. В Таблице 1 приведены ориентировочные значения α для металлов РДТ разных типов.

Таблица 1

Металл	α , $10^{-3}\text{Ом/ Ом}^{-1}/^\circ\text{C}^{-1}$
Платина для ПТС	3,925 и выше
Платина для рабочих платиновых ТС	3,850; 3,910
Медь для медных ТС	4,260; 4,280
Никель для никелевых ТС	6,170

Кроме температурного коэффициента α существует еще несколько величин, характеризующих чувствительность металлических РДТ (Таблица 2).

Таблица 2

Величина	Название	Единицы измерения	Тип датчика
$S = \frac{dR(T)}{dT}$	Чувствительность	Ом/°C	Рабочие ТС
$W_{100} = \frac{R(100^{\circ}\text{C})}{R(0^{\circ}\text{C})}$	Относительное сопротивление при 0°C	-	Рабочие ТС
$W_{fp} = \frac{R(T_{fp}) *}{R(0,01^{\circ}\text{C})}$	Относительное сопротивление при температуре, соответствующей реперной точке ** МТШ-90	-	Эталонные ПТС

* - реперная точка–точка, используемая в качестве эталонного значения при градуировке и поверке средства измерения;

** 0,01°C – температура тройной точки воды. Является одной из реперных точек МТШ-90.

Интерполяционные функции

Металлические РДТ демонстрируют хорошую линейность зависимости сопротивления их ЧЭ от температуры. Тем не менее, линейное приближение может привести к ошибкам в несколько градусов и даже десяткам градусов, если производить измерения в широком диапазоне температур.

Вид интерполяционных функций, отражающих зависимость сопротивления металлических РДТ от температуры, определяется требуемой точностью измерений, но не наоборот. Следует обратить внимание на то, что точность аппроксимации (приближение — научный метод, состоящий в замене одних объектов другими, в каком-то смысле близкими к исходным, но более простыми) искомой зависимости не является определяющим фактором в улучшении точности измерения температуры.

Допустим, что построив некоторую интерполяционную функцию для рабочего ТС была достигнута точность аппроксимации в 0.001°C (точность измерения эталонных ПТС). Если бы датчик температуры был абсолютно стабильным, а средства измерения –абсолютно точными, то погрешность измерения составила бы 0.001°C. На практике нестабильность рабочих ТС и погрешности измерения могут приводить к возникновению ошибок измерения температуры в 0.1°C...1°C. По этой причине не существует универсальной интерполяционной функции (приближенное или точное нахождение какой-либо величины по известным отдельным значениям этой величины, т.е. восстановление (точное или приближенное) функции по ее нескольким известным значениям) для всех типов металлических РДТ. Общепринятым является разделение интерполяционных функций для рабочих и эталонных РДТ. Зависимость сопротивления рабочих платиновых РДТ (ТСП) описывается функцией Каллендара Ван Дюзена:

$$W(T) = \begin{cases} 1 + AT + BT^2, & T > 0; \\ 1 + AT + BT^2 + C(T - 100) \times T^3, & T < 0; \end{cases} \quad (3)$$

где $W(T) = \frac{R(T)}{R(0^{\circ}\text{C})}$ - относительное сопротивление; T – температура в °C.

Функции для медных и никелевых ТС отличаются незначительно. Коэффициенты А, В, и С в функции (3) зафиксированы в международном стандарте МЭК 751 (IEC751), а также ГОСТ 6651-94, DIN43760, и других стандартах. Эти же стандарты определяют требования, предъявляемые к

характеристикам ТС.

Зависимость сопротивления ТС от температуры называется статической характеристикой ТС. В общем случае каждый ТС обладает своей индивидуальной статической характеристикой. В промышленных целях, где требуется взаимозаменяемость используемых ТС и измерительных приборов, работающих с данными ТС, введены номинальные статические характеристики (НСХ). НСХ подразумевает некую общую для всех ТС данного класса статическую характеристику, отклонения от которой для индивидуального ТС нормированы в соответствующих стандартах (МЭК 751, ГОСТ 6651-94, DIN43760, и т.д.).

Коэффициенты А, В, и С могут быть найдены индивидуально для каждого датчика. Для этого необходимо провести измерения сопротивлений датчика при известных температурах, а затем оценить коэффициенты функции (3) с помощью регрессионного анализа. Существует альтернативный метод нахождения коэффициентов функции Каллендара -Ван Дюзена, который называется методом Каллендара -Ван Дюзена. Суть метода заключается в измерении сопротивлений датчиков при четырех известных температурах:

- ✓ $R_0 = R(0^\circ\text{C})$ (температура замерзания воды);
- ✓ $R_{100} = R(100^\circ\text{C})$ (температура кипения воды);
- ✓ $R_{\max} = R(T_{\max})$ (максимальная рабочая температура);
- ✓ $R_{\min} = R(T_{\min})$ (минимальная рабочая температура).

Далее вычисляются три коэффициента, отвечающие за линейный, квадратичный, и кубичный слагаемые функции Каллендара -Ван Дюзена:

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 R_0} ;$$
$$\sigma = \frac{T_{\max} - \frac{R_{\max} - R_0}{\alpha R_0}}{\left(\frac{T_{\max}}{100} - 1 \right) \left(\frac{T_{\max}}{100} \right)}$$

Практическая работа № 12

Снятие характеристик при измерении температуры с помощью термопреобразователя сопротивления

Цель работы: приобретение навыков работы с термометрами сопротивления, с помощью термопреобразователя сопротивления.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Принцип работы термопреобразователей.
 - b. Опишите как происходит изменение сопротивления в зависимости от температуры для широко используемых материалов первичных преобразователей.
 - c. Перечислите общие характеристики ТС.
 - d. Что является чувствительным элементом и где он находится.
 - e. Назовите материал, используемый для оболочки первичного преобразователя.
 - f. Опишите факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ТС.

В основе работы термопреобразователей сопротивления (ТС) лежит тот принцип, что электрическое сопротивление металла возрастает при увеличении температуры явление,

известное как «термическое сопротивление». Таким образом, измерение температуры можно осуществить, измеряя сопротивление элемента ТС. Датчики ТС выполняются из резистивного материала с прикрепленными к нему выводами и обычно помещаются в защитную оболочку. В качестве резистивного материала может использоваться платина, медь или никель, на сегодняшний день чаще всего используется платина, благодаря высокой точности, превосходной повторяемости и исключительной линейности таких первичных преобразователей в широком диапазоне, а также благодаря тому, что они демонстрируют большое изменение сопротивления на один градус изменения температуры. См. рисунок 1.

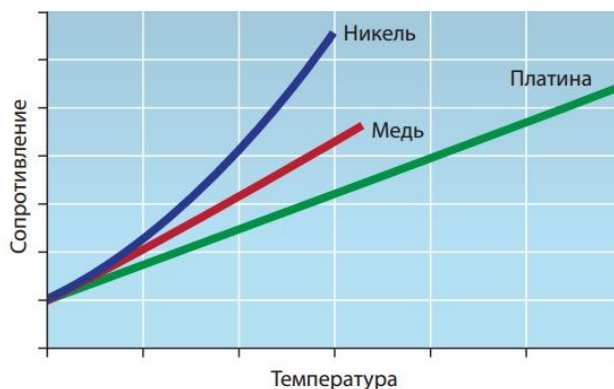


Рисунок 1. Изменение сопротивления в зависимости от температуры для широко используемых материалов первичных преобразователей

Два наиболее широко распространенных вида термопреобразователей сопротивления, это проволочные и тонкопленочные. Проволочные ТС изготавливаются либо путем намотки резистивной проволоки на керамический сердечник, либо в виде спирально навитой проволоки, заключенной в керамическую оболочку - поэтому они и получили название «проволочные». Для изготовления тонкопленочных термопреобразователей сопротивления, тонкое резистивное покрытие наносится на плоскую (обычно прямоугольную) керамическую подложку.

Медь и никель, как правило, используются в тех промышленных системах, где требования менее жесткие, ввиду их ограниченной точности и линейности, а также сравнительно узких диапазонов температур.

Никелевые элементы имеют ограниченный диапазон температур, потому что изменение сопротивления на градус изменения температуры становится сильно нелинейным при температуре выше 300 °С. Использование никелевых ТС с течением лет сократилось из-за ограничений их рабочих характеристик, а также потому, что стоимость платиновых ТС в настоящее время не выше. Сопротивление меди имеет очень линейную зависимость от температуры, но поскольку медь окисляется при умеренных температурах, ее не следует использовать при температурах выше 150 °С. Медные ТС широко используются при измерении температуры обмоток электродвигателей, генераторов и турбин. Медные ТС с сопротивлением 10 Ом были очень популярны в течение многих лет, но сейчас они уступают место 100-омным и даже 1000-омным моделям, дающим большее разрешение и тем самым обеспечивающим более точное измерение. Популярность платиновых ТС растет для решения таких задач. Ввиду того факта, что первичный преобразователь и невозможно заменить, не разбирая электродвигатель, многие поставщики и пользователи отдают предпочтение ТС с двумя чувствительными элементами, а некоторые используют тонкопленочные ТС из-за их большей устойчивости к вибрации и, следовательно, более длительного срока службы.

Общие характеристики ТС

Промышленные первичные преобразователи редко, если вообще когда-либо,

используются таким образом, что они ничем не защищены от воздействия окружающей среды. Они заключаются в металлические трубки или оболочки, которые завариваются наглухо на одном

конце, и имеют провода выводов, которые выходят из второго, загерметизированного конца. См. рисунок 1а и рисунок 1б.

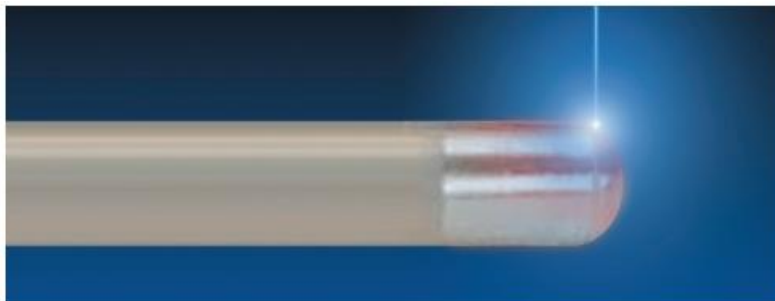


Рисунок 1а. Лазерная сварка оболочки первичного преобразователя



Рисунок 1б. Герметизация задней стороны корпуса первичного преобразователя

Чувствительный элемент

Чувствительный элемент находится на конце первичного преобразователя температуры, на который воздействует температура технологического процесса. Чувствительный элемент реагирует на температуру, генерируя поддающееся измерению изменение сопротивления или сигнал напряжения, который возрастает с увеличением температуры. Измерительные преобразователи могут иметь один или два элемента в одной оболочке первичного преобразователя. Сдвоенные элементы обеспечивают резервированное измерение, что может оказаться полезным для режима горячего резервирования, контроля дрейфа показаний с помощью методики сравнения, или для формирования входных сигналов на два независимых контроллера или две системы (систему управления или систему защиты). См. рисунок 1.1а.

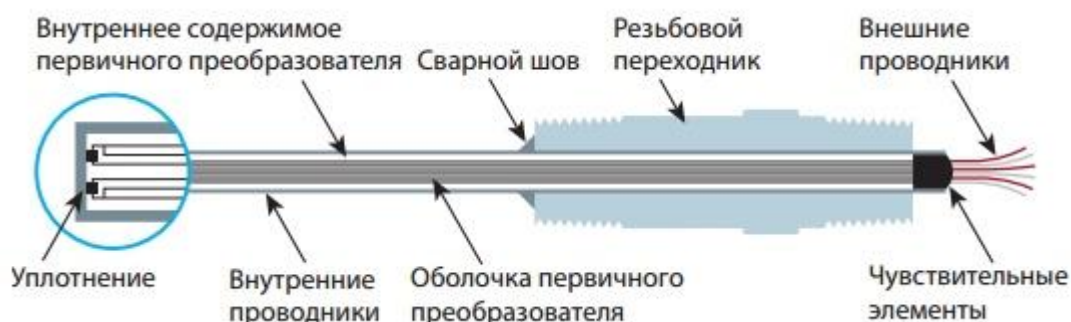


Рисунок 1.1.а. ТС с 2-мя чувствительными элементами

Оболочка первичных преобразователей

Оболочка первичного преобразователя выполняется из металла, обычно из нержавеющей

стали (в некоторых высокотемпературных системах используются сплавы Hastelloy или Inconel), и как правило содержит 2, 4, 6 или 8 проводников, соединяющих чувствительный элемент(ы) с проводами выводов. Одиночная термопара требует двух выводов, а термопаре с 2 ЧЭ требуется четыре вывода. Одиночный ТС может иметь два, три или четыре вывода, а сдвоенный ТС может иметь четыре, шесть или восемь выводов. Оболочка первичного преобразователя защищает элементы и проводники от влаги и коррозионных и/или абразивных условий технологического процесса и помогает экранировать сигнал от электрических шумов. Чтобы изолировать проводники друг от друга и от оболочки, оболочка заполняется уплотняемым, тонко измельченным изолирующим материалом, обычно оксидом магния (MgO) или оксидом алюминия (Al_2O_3), который окружает чувствительный элемент и проводники. См. рисунок 1.2а.

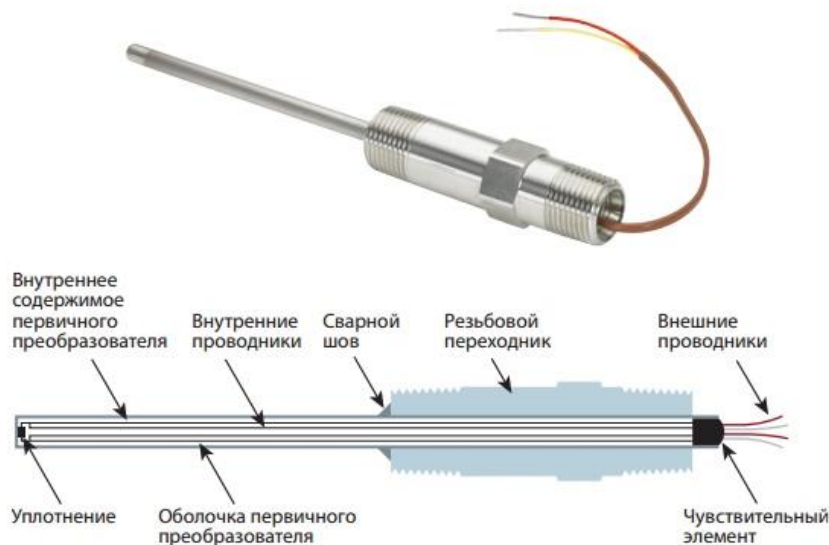


Рисунок 1.2а - Общие характеристики первичного преобразователя температуры

Диаметры оболочки первичного преобразователя могут быть разными; чаще всего встречаются размеры 6 мм (1/4 дюйма) и 3 мм (1/8 дюйма). Первичные преобразователи меньшего диаметра имеют большее быстродействие, потому что имеют меньшую массу и меньше изолирующего материала. Первичные преобразователи с меньшими диаметрами также обеспечивают более точное измерение благодаря меньшей погрешности, обусловленной теплопроводностью оболочки.

Однако во многих промышленных системах используются защитные гильзы для установки, добавляющие значительную массу к общей массе узла, чем несколько уменьшают положительный эффект обоих этих факторов. Защитная гильза устанавливается в технологическую линию с герметичным уплотнением и имеет внутреннюю полость, в которую помещается первичный преобразователь. Это позволяет легко извлекать первичный преобразователь для калибровки или замены.

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики ТС

Сопротивление - значения альфа

Элементы ТС характеризуются их температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), который также называют коэффициентом альфа. Для платиновых элементов эти значения регламентирует стандарт IEC 60751-2008. См. рисунок 2.1а.

Альфа - это температурный коэффициент для конкретного материала и состава. Медные и платиновые элементы имеют разные коэффициенты альфа, и у самих платиновых элементов коэффициенты тоже могут быть разными, в зависимости от чистоты платины и состава сплава. Значения альфа определяют взаимозаменяемость первичных преобразователей. Разные

первичные преобразователи с одним и тем же коэффициентом альфа гарантируют, что зависимость сопротивления от температуры останется неизменной в пределах указанной точности. При замене первичного преобразователя пользователь должен позаботиться о том, чтобы новый первичный преобразователь был изготовлен из такого же материала с таким же сопротивлением и коэффициентом альфа, например, Pt100: используется = 0,00385.

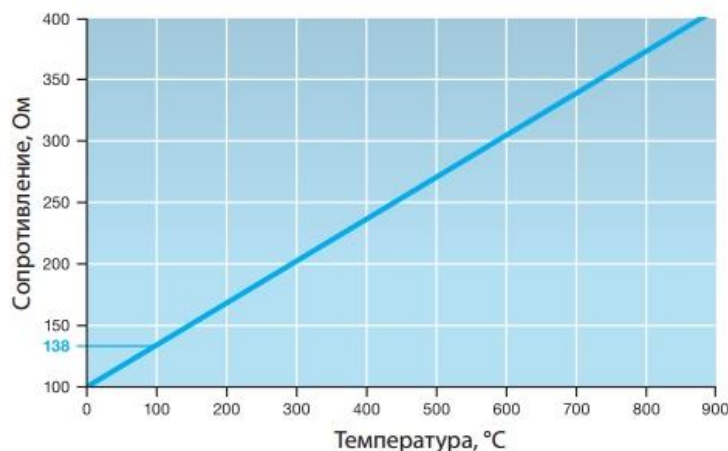


Рисунок 2.1.а. Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) первичного преобразователя Pt100

Значение коэффициента альфа определяется выражением для коэффициента альфа:

Альфа = $(R_{100} - R_0) \div 100 R_0$ где R_0 - сопротивление первичного преобразователя при температуре 0°C, а R_{100} - сопротивление первичного преобразователя при температуре 100°C.

Платиновые ТС имеют значения альфа в диапазоне от 0,00375 до 0,003927. Наибольшее значение альфа указывает на наивысшую степень чистоты платины, и такая частота предписывается Международной температурной шкалой 1990 г. (ITS-90) для эталонных (лабораторного класса) платиновых термопреобразователей сопротивления.

При практическом применении в промышленности не существует никаких технических преимуществ одного коэффициента альфа перед другим. Платина с коэффициентом 0,00385 наиболее широко используется и является стандартным вариантом, доступным в виде серийных изделий по всему миру. Выпускаются различные виды первичных преобразователей из этого металла, включая проволоочные и тонкопленочные элементы с сопротивлениями от 100 до 1000 Ом. В большинстве случаев все, что нужно знать пользователю о коэффициенте альфа, это то, что он должен быть надлежащим образом согласован при замене ТС или подключении их к контрольно-измерительным приборам.

Быстродействие первичного преобразователя

Быстродействие первичного преобразователя - это время, которое требуется, чтобы сигнал на выходе первичного преобразователя изменился на определенный процент при ступенчатом изменении температуры при определенном наборе условий. Заметим, что существуют разные стандарты на испытания с целью определения быстродействия, которые приводят к результатам, варьирующимся в широких пределах. Сравнивать быстродействие первичных преобразователей можно только в том случае, если испытания первичных преобразователей проводятся по одному стандарту при одинаковых условиях. Но любые изменения в таких условиях, например, плотность рабочей среды, температура или расход, дадут другие результаты. Например, быстродействие будет намного меньшим в газе, чем в быстро текущей жидкости.

Быстродействие обычно указывают в секундах в виде значения «t», а рядом указывают уровень сигнала в процентах, при котором это время регистрируется. Например, t(0,5) означает быстродействие для уровня ступенчатого изменения 50%, а t(0,9) означает быстродействие для

уровня ступенчатого изменения 90%. См. рисунок 3а.

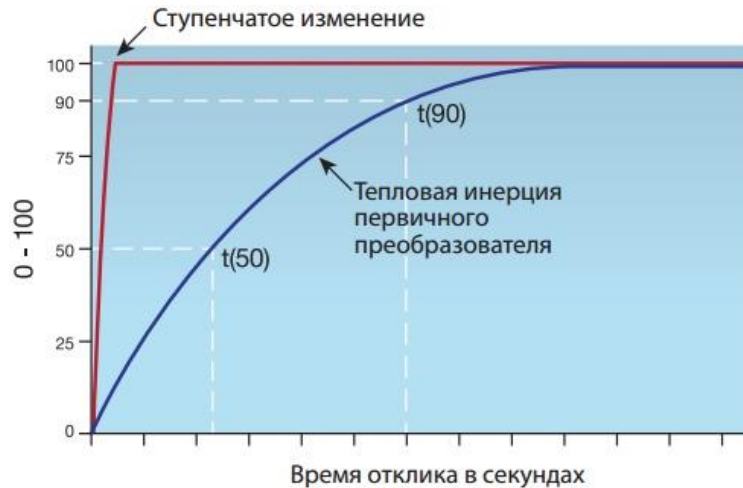


Рисунок 3а. Типичное быстродействие первичного преобразователя

Практическая работа № 13

Исследование трехпроводной схемы подключения термопреобразователя сопротивления с имитацией сопротивления соединительных проводов

Цель работы: приобретение навыков работы с термометрами сопротивления, с помощью термопреобразователя сопротивления.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - а. Что представляют собой выводы проводников.
 - б. Опишите как производится компенсация выводов проводников.
 - с. Опишите схемы включения термопреобразователей сопротивления.

Выводы проводников

Выводы проводников обычно представляют собой витые из нескольких жил, изолированные провода, которые прикрепляются к проводникам, проходящим через оболочку первичного преобразователя и соединяющих элемент с соединительными проводами. Эти выводы проводников имеют уплотнения на конце оболочки и используются для соединения первичного преобразователя с клеммной колодкой, измерительным преобразователем или другой точкой подключения. Длина этих выводов может быть разной у разных поставщиков и определяется требованиями пользователя. См. рисунок 1а.



Рисунок 1а. Герметизация задней стороны корпуса первичного преобразователя

Компенсация выводов проводников

Поскольку выводы проводников являются частью цепи ТС, их сопротивление необходимо компенсировать, чтобы добиться наилучшей точности. Это становится особенно важным там, где используются длинные провода первичного преобразователя и/или выводов. Существуют три широко распространенных конфигурации выводов проводников.

В двухпроводной конфигурации не может быть компенсации сопротивления проводников, так как проводники подключаются последовательно с элементом и воспринимаются измерительным преобразователем как часть сопротивления первичного преобразователя, вызывая снижение точности, неизбежно присущее таким схемам. Существует мало систем, для которых двухпроводные первичные преобразователи являются хорошим выбором. В трехпроводной конфигурации компенсация осуществляется с помощью третьего провода в предположении, что он имеет такое же сопротивление, что и два других провода, и одна и та же компенсация применяется ко всем трем проводам.

На рисунке 1.2.1b показано выражение для этой компенсации: $R_{\text{измерения}} = R_{L1} + R_{\text{элемента}} - R_{L3}$. Однако в реальности всегда имеется некоторая разница между $L1$ и $L3$ из-за отклонений в процессе изготовления проводников, неравенства длин, незатянутых соединений, деформационного упрочнения вследствие изгиба и термической коррозии.

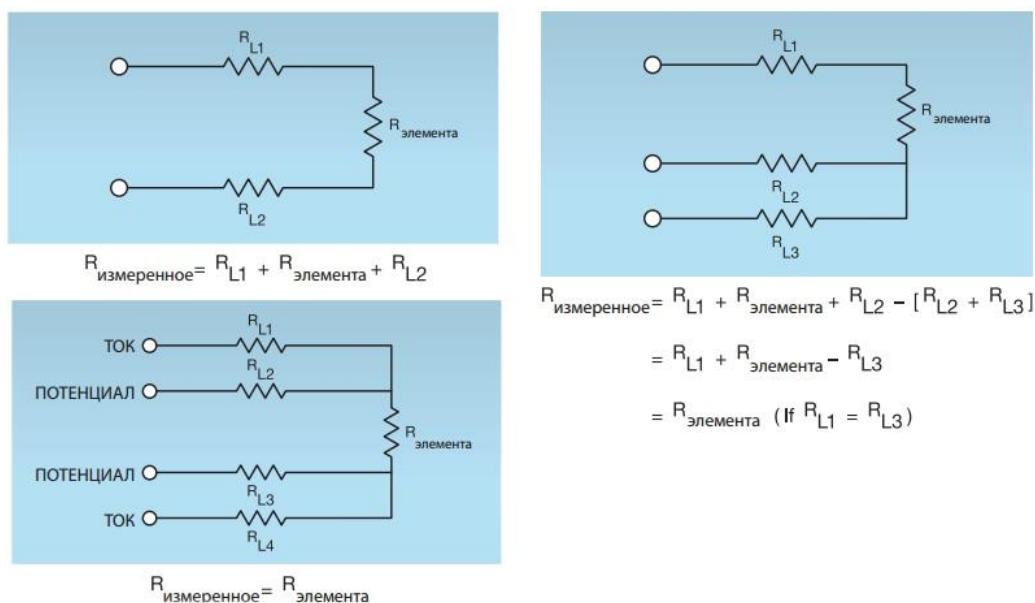


Рисунок 1.2.1b. Двух-, трех-, четырехпроводные ТС и выражения для компенсации

Так как сопротивление 100-омного платинового ТС меняется на 0,39 Ома на градус С, на каждый Ом разницы эффективных сопротивлений проводников появляется погрешность до 2,5 °С (1-0,39). Эта погрешность из-за неравенства сопротивлений вероятнее всего будет меняться со временем неожиданно и непредсказуемо из-за увеличения коррозии, изменений температуры и влажности и т.д. См. рисунок 1.3.1с.

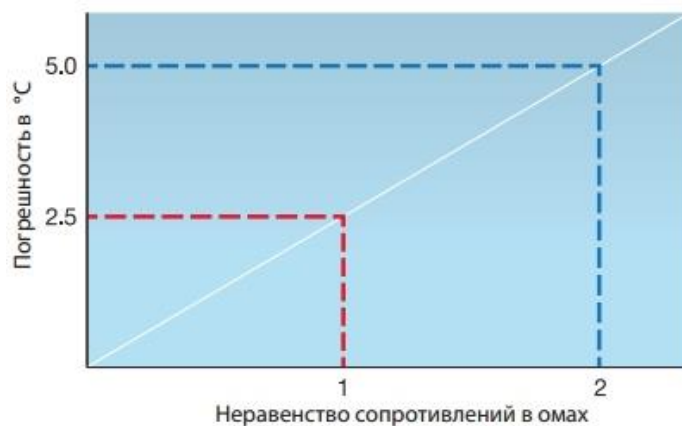


Рисунок 1.3.1с. Зависимость погрешности от неравенства сопротивлений проводников в случае 3-проводного ТС

Идеальной является четырехпроводная конструкция, потому что сопротивление проводников в этом случае не оказывает влияния на измерение. В ней используется методика измерения, при которой очень маленький постоянный ток порядка 150 микроампер подается на первичный преобразователь по двум выводам, и напряжение, возникающее на первичном преобразователе, измеряется другими двумя выводами с помощью цепи, имеющей высокое полное входное сопротивление и высокое разрешение измерения. В соответствии с законом Ома, высокое полное сопротивление практически исключает всякое протекание тока в проводах измерения напряжения, и поэтому сопротивление проводников не является фактором, влияющим на измерение.

Схемы включения термопреобразователей сопротивления

При подключении термопреобразователей существуют различные варианты. На рис. 1 представлены основные схемы подключения термопреобразователей а) – двухпроводная схема, б) – трехпроводная, в) четырехпроводная. При измерении сопротивления датчика температуры со стороны тепловычислителя к сопротивлению самого датчика добавляется сопротивление соединяющих проводов. Для учета сопротивления проводов существуют различные варианты подключения термопреобразователей. На рис.1 а) представлена двухпроводная схема подключения. Данная схема не позволяет учитывать сопротивление проводов. Применяется для небольших длин проводов до 3 м с термопреобразователями Pt500 и сечением провода не менее 0,75 мм². На рис.1 б) приведена трехпроводная схема подключения. Применяется в большинстве случаев с контроллерами с трехпроводными схемами подключения. Провода должны быть одного сечения. На рис.1 в) приведена четырехпроводная схема подключения. Применяется в различных теплосчетчиках. Для термопреобразователя Pt100 сопротивление в 3 Ом увеличивает значение показания температуры примерно на 10 градусов для Pt500 на 3 градуса.

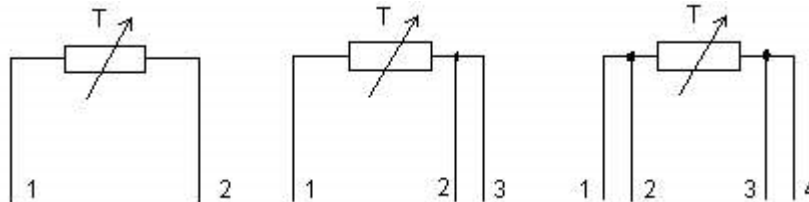


Рисунок 1. а) двухпроводная схема подключения. б) трехпроводная схема подключения. в) четырехпроводная схема подключения.

Практическая работа № 14

Исследование неуравновешенной мостовой схемы для измерения температуры с помощью термопреобразователя сопротивления

Цель работы: исследование работы неуравновешенной мостовой схемы.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - а. Понятие «мостовой схемы».
 - б. Опишите принцип действия мостовой схемы.
 - с. Понятие «мостовые измерения».
 - д. Опишите виды и принцип работы неуравновешенных мостов для измерения температуры.

Мостовая схема — схема соединения элементов электрической цепи (сопротивлений, выпрямительных диодов и т.д.), характеризующаяся наличием мостовой ветви между двумя точками схемы, не соединенными непосредственно с источником электрической энергии. В

основу мостовой схемы положена схема моста Уитстона (рис. 1).

Принцип действия мостовой схемы основан на том, что при равенстве отношений полных сопротивлений в плечах моста $Z_a/Z_b = Z_x/Z_d$ в диагонали моста (в индикаторном устройстве) нет тока. Повышая чувствительность нуль-индикатора, можно добиться в мостовой схеме весьма точного соблюдения равенства отношений полных сопротивлений. На этом принципе основаны мостовые измерения.

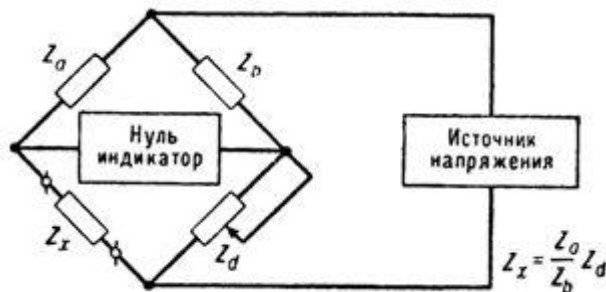


Рис. 1. Мостовая схема (схема моста Уитстона)

Источниками питания мостовых схем могут служить источники напряжения как постоянного, так и переменного тока. Балансировка мостовой схемы совершенно не зависит от колебаний напряжения источника питания.

Мостовые измерения — методы измерения параметров электрических цепей на постоянном токе (сопротивления пост. току) и на переменном токе (активного сопротивления, емкости, индуктивности, взаимной индуктивности, частоты, угла потерь, добротности и др.) посредством мостовых схем. Мостовые измерения широко распространены также для электрических измерений неэлектрических величин при помощи датчиков — промежуточных преобразователей измеряемой величины в функционально связанный с ней параметр электрической цепи.

Мостовые измерения осуществляются с помощью измерит. мостов (мостовых установок), относящихся к категории приборов сравнения. В общем случае они основаны на применении некоторой электрической цепи, состоящей из нескольких известных и одного неизвестного (измеряемого) сопротивлений, питаемой одним источником и снабженной указывающим прибором.

Изменением известных сопротивлений эта цепь регулируется до достижения, определенного, отмечаемого указателем, распределения напряжений на отдельных участках цепи. Очевидно, что заданному соотношению напряжений соответствует также определенное соотношение сопротивлений цепи, по которому можно вычислить неизвестное сопротивление, если остальные сопротивления известны.

Исторически первый, простейший и наиболее распространенный вариант мостовых измерений был реализован посредством четырехплечего уравновешенного моста, представляющего собой кольцевую цепь из 4 сопротивлений ("плечи" моста), в которой источник питания и указатель включаются диагонально, к противолежащим вершинам, в виде "мостов" (рис. 2).

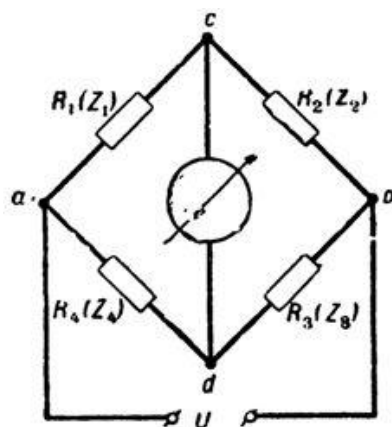


Рисунок 2. Четырехплечий уравновешенный мост

При соблюдении условия $R_1R_3 = R_2R_4$ (соответственно $Z_1Z_3 = Z_2Z_4$ на переменном токе) напряжение на выходе мостовой цепи (независимо от питающего напряжения) равно нулю ($U_{cd}=0$), т. е. мост "уравновешен", что отмечается нулевым указателем.

Состояние равновесия моста постоянного тока, соответствующее условию $R_1R_3 = R_2R_4$, может быть достигнуто регулировкой только одного переменного параметра и позволяет определить также только одно неизвестное сопротивление.

Для достижения комплексного условия равновесия на переменном токе $Z_1Z_3 = Z_2Z_4$, распадающегося при подстановке комплексных значений сопротивлений $Z=R+jx$ на два самостоятельных условия, требуется регулировка не менее двух переменных параметров. При этом можно одновременно определять две составляющие комплексного сопротивления (например, L и R или L и Q , C и $\text{tg}\varphi$ и т. д.).

Разновидностью четырехплечих мостов переменного тока являются мосты резонансные. Помимо четырехплечих применяются более сложные мостовые цепи — двойные мосты на постоянном токе (рис. 3) и многоплечие (шести- или семиплечие) — на переменном (например, рис. 4). Условия равновесия для этих цепей, естественно, отличаются от приведенных выше.

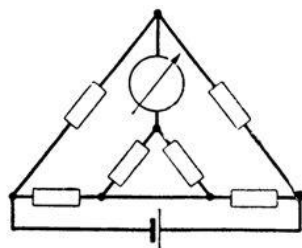


Рисунок 3.

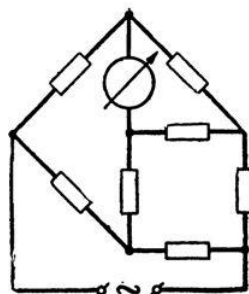


Рисунок 4.

Мостовые измерения применяются как для измерения значений сопротивлений, так и для определения отклонений этих значений от заданного номинала. Они относятся к числу самых распространенных и совершенных методов измерения. Серийно выпускаемые мосты имеют классы точности от 0,02 до 5 на пост. токе и от 0,1 до 5 — на переменном.

Практическая работа № 15

Снятие статических характеристик и изучение принципа работы датчика температуры: бесконтактный пирометр

Цель работы: изучение принципа действия, конструкции и методики проведения измерений инфракрасным пирометром.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните измерения и заполните таблицу 3.

Изучение принципа действия инфракрасного пирометра

Пирометр – бесконтактный термометр, действие которого основано на измерении теплового излучения. Серийно выпускаемые технические пирометры применяются для измерения температур в диапазоне от – 50 до 3000 °С. Пирометры обладают следующими преимуществами по сравнению с приборами, измеряющими температуру контактными методами: • имеют принципиально неограниченный верхний температурный предел измерения; • обеспечивают возможность измерения температур излучателей, находящихся на большом расстоянии от пирометра; • не искажают температурное поле объекта измерения; • применяются для измерения температур газовых потоков при больших скоростях. Однако контактные методы измерения позволяют обеспечить более высокую точность измерения, чем бесконтактные методы. Все тела излучают электромагнитные волны различной длины λ или частоты ν . Электромагнитное излучение, возбуждаемое тепловым движением молекул, называют тепловым излучением. Тепловое излучение имеет место при температурах до 4000 °С как результат колебательного или вращательного движения молекул. При более высоких температурах излучение вызывается в основном процессами диссоциации и ионизации. Величины и постоянные, применяемые в пирометрии, приведены в табл. 1. Абсолютно черным телом (АЧТ) называется тело, поглощающее все падающее на него излучение.

Таблица 1.

Пирометрические величины и постоянные

Величина или постоянная	Обозначение	Определение
Энергия излучения, Дж	W	Энергия излучения, эквивалентная работе в 1 Дж
Поток излучения, Вт	$\Phi = dW/dt$	Поток излучения, эквивалентный мощности в 1 Вт
Энергетическая сила света, Вт/ср	$I = d\Phi/d\Omega$	Энергетическая сила света, создающая в телесном угле 1 ср поток лучения 1 Вт
Энергетическая яркость, Вт/(м ² ·ср)	$B = dI/df$	Энергетическая яркость тела, перпендикулярно поверхности которого (площадью 1 м ²) испускается свет энергетической силой 1 Вт/ср
Спектральная энергетическая яркость, Вт/(м ² ·ср)	$B_\lambda = B/d\lambda$	Спектральная энергетическая яркость тела, при которой в диапазоне длин волн 1 м равномерно распределена энергетическая яркость 1 Вт/(м ² ·ср)
Постоянная Планка, Дж·с	h	$6,6256 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Больцмана, Дж/К	k	$1,38054 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Скорость света в вакууме, км/с	c	$2,997925 \cdot 10^8$ м/с (300 000 км/с)
Первая постоянная излучения, Вт·м ²	$C_1 = 2\pi hc$	$3,7415 \cdot 10^{-1}$ Вт·м ²
Вторая постоянная излучения, м·К	$C_2 = hc/k$	$1,43879 \cdot 10^{-2}$ м·К
Постоянная Стефана–Больцмана, Вт/(м ² ·К ⁴)	σ	$5,6697 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)

Серым телом называют тело, коэффициент поглощения которого не равен 1, но не зависит от длины волны и температуры.

О температуре нагретого тела можно судить на основании измерения параметров его теплового излучения, представляющего собой электромагнитные волны различной длины. Чем выше температура тела, тем больше энергии оно излучает. Тепловые лучи испускаются всеми нагретыми физическими телами, которые при температурах около 500–600 °С начинают испускать излучение, видимое человеческим глазом, причем яркость свечения нагретых тел быстро возрастает с повышением температуры.

Видимое человеческим глазом электромагнитное излучение, называемое светом, представляет собою лишь весьма узкий диапазон спектра шириной 0,35 мкм с длинами волн от 0,40 до 0,75 мкм.

Невидимые лучи с большей длиной волны (более 0,75 мкм) относятся к инфракрасному участку спектра излучения, охватывающему диапазон от 0,75 до 400 мкм, который делится на несколько поддиапазонов (табл. 2), за которым инфракрасный участок спектра постепенно переходит в диапазон радиоволн. Невидимые лучи с меньшей длиной волны (менее 0,40 мкм) относятся к ультрафиолетовому участку спектра излучения.

Таблица 2

Поддиапазоны инфракрасного спектра

Длина волн (мкм)	Название диапазона
0,76–1,5	Ближнее инфракрасное излучение
1,5–5,5	Коротковолновое инфракрасное излучение
5,6–25	Длинноволновое инфракрасное излучение
25–100	Дальнее инфракрасное излучение

Для измерения температуры используют в основном диапазон инфракрасных и видимых лучей, для этого разработаны пирометры следующих типов:

□ пирометр частичного излучения (ПЧИ) (квазимонохроматический пирометр) – измеряет энергию в ограниченном фильтром (или приемником) участке спектра;

□ пирометр спектрального отношения (ПСО) – измеряется отношение энергии фиксированных участков спектра;

□ пирометр суммарного (полного) излучения (ПСИ) – измеряется полная энергия излучения.

В зависимости от типа пирометра различаются яркостная, цветовая и радиационная температуры, по которым проводится измерение температуры.

Яркостной температурой реального тела T_y называют температуру, при которой плотность потока спектрального излучения абсолютно черного тела равна плотности потока спектрального излучения реального тела для той же длины волны (или узкого интервала спектра) при действительной температуре T_d .

Цветовой температурой реального тела T_c называют температуру, при которой отношения плотностей потоков излучения абсолютно черного тела для двух длин волн λ_1 и λ_2 равно отношению плотностей потоков излучений реального тела для тех же длин волн при действительной температуре T_d .

Радиационной температурой реального тела T_r называют температуру, при которой полная мощность абсолютно черного тела равна полной энергии излучения данного тела при действительной температуре T_d .

Развитием методики использования бесконтактных средств измерения является тепловидение.

Тепловидение – это направление в технических измерениях, изучающее физические основы, методы и приборы, обеспечивающие возможность наблюдения слабонагретых объектов.

Приборы, работающие в этом направлении называются тепловизорами (термографами). Тепловизоры относятся к оптико-электронным приборам пассивного типа, работающим в инфракрасном диапазоне спектра излучения.

Принцип действия: радиометрическое измерение температуры с пространственным разрешением и преобразованием температурного поля в тепловизионное изображение с цветовым контрастом, позволяющее измерять градиенты температуры, температуру тела, объекта, среды.

На экране тепловизора видны значения мощности инфракрасного излучения в каждой точке поля зрения тепловизора, отображенные согласно заданной цветовой палитре (черно-белой или цветной).

При проведении измерений температуры инфракрасным пирометром вводятся следующие понятия:

□ поле зрения прибора – измеряемый диаметр объекта, с поверхности которого прибор принимает энергию инфракрасного излучения;

□ измеряемый диаметр объекта – величина определяется показателем визирования и зависит от расстояния до инфракрасного термометра. Изменяемый диаметр объекта равен произведению показателя визирования на расстояние до объекта;

□ минимальный измеряемый диаметр – наименьший диаметр объекта, который может быть измерен при данном фокусном расстоянии и размере приемника. При приближении к объекту вплотную измеряемый диаметр увеличивается до размеров входного зрачка прибора.

Измеренная пирометром температура будет неверна, если размер объекта меньше поля зрения, были измерить, не заполнил все поле зрения прибора, прибор принимает излучение от других объектов, которое оказывает влияние на точность проводимого измерения (рис. 3).

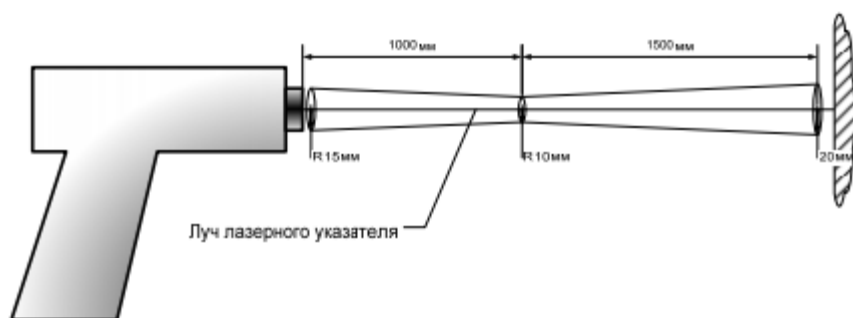


Рисунок 3. Поле зрения инфракрасного термометра

Порядок выполнения работы

Лабораторная установка (рис. 4) состоит из поверхности 1 со встроенными точечными источниками температуры с нанесенной координатной сеткой, измерительных приборов, инфракрасного термометра 2 и контактного термоэлектрического термометра 3 для измерения температуры плоских поверхностей.

В данной лабораторной работе необходимо провести два измерения температуры. Первое – инфракрасным термометром, второе – измерить температуру в этой же точке поверхности контактным термоэлектрическим термометром. Полученные данные занести в табл. 3.

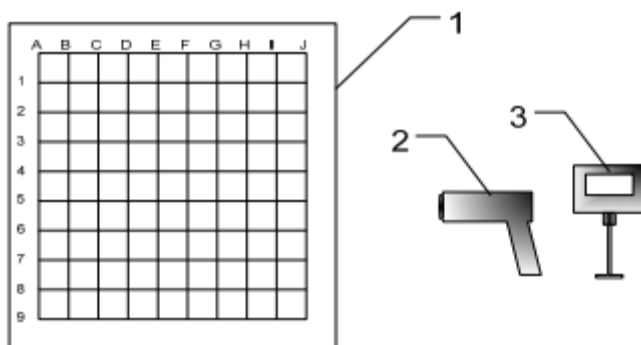


Рисунок 4. Схема лабораторной установки

Произвести обработку полученных данных и определить абсолютную погрешность

измерения температуры (Δt):

$$\Delta t = t_{\text{КТ}} - t_{\text{ИК}},$$

где $t_{\text{КТ}}$ и $t_{\text{ИК}}$ – температуры, измеренные контактным и инфракрасным термометром, °C.

Полученные при поверке значения абсолютной погрешности сравниваются с величиной

$$\Delta_d = \frac{t_{\text{вп}} - K}{100},$$

допускаемой погрешности:

где $t_{\text{вп}}$ – верхний предел измерения инфракрасным термометром по паспорту, °C;

K – класс точности инфракрасного термометра по паспорту.

Таблица 3.

Таблица измерений

№ п/п	Измерения		Погрешность прибора	
	контактного	ИК	абсолютная	допускаемая
	$t_{\text{КТ}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ИК}}, ^\circ\text{C}$	Δt	Δ_d

Практическая работа № 16

Снятие характеристик при измерении давления с помощью стрелочного деформационного манометра

Цель работы: приобретение навыков работы со стрелочными манометрами.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Опишите устройство и принцип действия стрелочных манометров установки, используя руководство по выполнению практических работ.
3. Подключите установку для измерения давления МЛИ-4.
4. Подключите компрессор.
5. Произведите замеры показаний.
6. Запишите в тетрадь полученные результаты.
7. Подсчитайте погрешность показаний приборов.

Практическая работа № 17

Изучение изменения характеристик при измерении давления газа с помощью дифференциального манометра

Цель работы: приобретение навыков работы с дифференциальными манометрами.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Опишите устройство и принцип действия дифференциального манометра установки, используя руководство по выполнению практических работ.
3. Подключите установку для измерения давления МЛИ-4.
4. Подключите компрессор.
5. Произведите замеры показаний.
6. Запишите в тетрадь полученные результаты.
7. Подсчитайте погрешность показаний прибора.

Практическая работа № 18

Снятие характеристик при измерении давления с помощью датчика давления деформационного мембранного типа

Цель работы: приобретение навыков работы с манометрами мембранного типа.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Опишите устройство и принцип действия мембранного манометра установки, используя руководство по выполнению практических работ.
3. Подключите установку для измерения давления МЛИ-4.
4. Подключите компрессор.
5. Произведите замеры показаний.
6. Запишите в тетрадь полученные результаты.
7. Подсчитайте погрешность показаний прибора.

Практическая работа № 19

Снятие характеристик при измерении давления газа с помощью датчика давления пьезорезистивного типа

Цель работы: приобретение навыков работы с пьезорезистивными манометрами.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Опишите устройство и принцип действия пьезорезистивного манометра установки, используя руководство по выполнению практических работ.
3. Подключите установку для измерения давления МЛИ-4.
4. Подключите компрессор.
5. Произведите замеры показаний.
6. Запишите в тетрадь полученные результаты.
7. Подсчитайте погрешность показаний прибора.

Практическая работа № 20

Снятие характеристик при измерении расхода газа с помощью: ротаметра, анемометра

Цель работы: Изучение приборов для измерения расхода газа, методы измерения расхода, понятие класса точности прибора, сравнение показаний приборов различного типа.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и заполните таблицу 1.

Для изучения приборов измерения расхода предназначена пневматическая система стенда, а также электронный секундомер.

Последовательность выполнения лабораторной работы

1. Полностью открыть редукционный клапан КР2 (вращая ручку в сторону стрелки со знаком
2. Включить компрессор подачи воздуха в ресивер. Дождаться пока давление в ресивере поднимется до 5 бар по ДД3, после этого произойдет автоматическое отключение компрессора.
3. Открыть шаровые краны в линии одной из диафрагм: ВН12, ВН14 или ВНП, ВН15 краны другой линии должны быть закрыты. Для определенности дальнейшая последовательность написана для открытой линии ВН12, ВН14.
4. Закрыть дроссель ДР5.
5. Редукционным клапаном КР2 поднять давление до 30 кПа по ДД4.
6. Частично открыть дроссель до появления расхода воздуха по ротаметру. Скорректировать клапаном КР2 давление до 30 кПа по ДД4.
7. Закрыть кран ВН14.
8. Переключить секундомер в режим ручного управления.
9. Сбросить показания секундомера.
10. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРД и температуру ТР.
11. Записать в таблицу 1 показания счетчика газа V_{сгд}.
12. Открыть кран ВН14, одновременно запустив секундомер.
13. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 0,5 бар, но не менее 30 с. В это время записать показания расходомера FestoQf и ротаметра Qрот.

14. Закрывать кран ВН14, одновременно остановив секундомер.
15. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРП, время по секундомеру, показания счетчика газа УСП.
16. Открыть кран ВН14.
17. Открыть дроссель для увеличения расхода. Скорректировать клапаном КР2 давление до 30 кПа по ДД4.
18. Закрывать кран ВН14.
19. Повторить пункты 9-18 два раза.
20. Повторить пункты 4-19, увеличивая давление до 60 кПа и 90 кПа.
21. Закрывать краны, дроссель, полностью открыть КР2.
22. Выключить компрессор подачи воздуха в ресивер.
23. Вычислить расход по ресиверу для адиабатического и изотермического истечения. Вычислить расход по счетчику газа. Сравнить полученные данные с учетом класса точности приборов. Сделать выводы.

Таблица 1.

№	Р _{рд} , бар	Т _{рд} , К	Р _{рд} , бар	t, с	Q _а , л/мин	Q _и , л/мин	Q _ф , л/мин	Q _{рот} , л/мин	V _{стд} , л	V _{стд} , л	Q _{ст} , л/мин

Расход - это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Различают объемный расход Q , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый M когда оно измеряется в единицах массы.

Рисунок 1. Устройство ротаметра

В патрубках 1 и 8, соединенных друг с другом болтовыми стержнями 5, с помощью накидных гаек 6 и сальниковых уплотнений укреплен коническая трубка 5, на которую непосредственно наносится шкала. Длина трубки обычно находится в пределах от 70 до 600 мм, а диаметр от 1,5 до 100 мм. Для ограничения хода поплавка 4 служат верхний 2 и нижний 7 упоры.

Пределы применения обычных ротаметров со стеклянной трубкой по давлению 0,5-0,6 МПа, по температуре 100—150°C.

Достоинства ротаметров: простота устройства и эксплуатации;наглядность показаний; надежность в работе; удобство применения для измерения малых расходов различных жидкостей и газов (в частности, агрессивных), а также неньютоновских сред; значительной диапазон измерения и достаточно равномерная шкала.

Недостатки: хрупкость и непригодность для измерения расхода веществ, имеющих значительные давления; связанность прибора с местом измерения; только указывающий характер прибора (отсутствие записи и дистанционной передачи показаний); непригодность для измерения больших расходов.

Поплавки и трубки ротаметров

Основные элементы ротаметра - коническая трубка и поплавков - образуют его проточную часть. Формы поплавка могут быть весьма разнообразны.

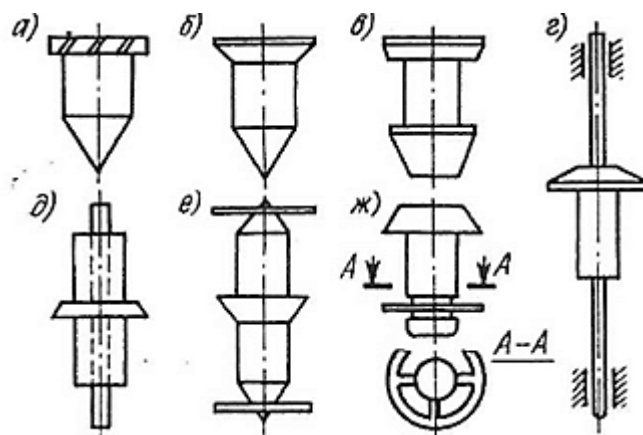


Рисунок 2. Формы поплавков

Классическая его форма показана на рисунке 2, а. Поплавок имеет конусную нижнюю часть (иногда с несколько скругленным носом), цилиндрическую среднюю часть и дисковый верх. Существенный недостаток рассмотренной формы поплавка - сильная зависимость градуировочной характеристики от вязкости измеряемого вещества. Для снижения этой зависимости полезно уменьшать высоту верхней дисковой части поплавка и диаметр цилиндрической его части с тем, чтобы он был не более 0,6-0,7 от диаметра верхнего диска (рисунок 2, б). В меньшей степени влияние вязкости сказывается при катушечной форме поплавка, показанной на рисунке 2, в, которая находит теперь основное применение.

Еще сильнее влияние вязкости устраняется при дисковой и тарельчатой форме поплавков, когда основное трение потока происходит на очень небольшой боковой поверхности диска. Но вес таких поплавков очень мал и необходимо или увеличивать длину цилиндрического тела поплавка в одну или обе стороны от диска, или же подвешивать на стержне дополнительный груз.

Кроме того, такие поплавки неустойчивы и во избежание перекоса и трения о стенку трубки их необходимо снабжать направляющими. Последние могут быть трех видов: направляющие, связанные с поплавком и перемещающиеся вместе с ним (рисунок 2, г); неподвижные центральные штоки, проходящие через осевые отверстия поплавков (рисунок 2, д); направляющие кольца (два или одно), укрепляемые обычно в верхней или нижней части поплавков (рисунок 2, е, ж). Но для таких колец требуется применение конусных трубок с направляющими ребрами или гранями. Зато они имеют два дополнительных достоинства: обеспечение турбулизации потока, способствующего уменьшению влияния вязкости и возможность измерения расхода непрозрачных жидкостей (благодаря малости зазора между направляющими ребрами и кольцами).

Поплавки изготавливаются из различных материалов: нержавеющей стали, титана, алюминиевых сплавов, фторопласта-4 и различных пластмасс (в зависимости от диапазона измерения и агрессивности измеряемого вещества). При необходимости для снижения массы поплавка его делают пустотелым.

Заметим, что от соотношения плотностей материала поплавка ρ_k и измеряемого вещества ρ зависит погрешность, возникающая при изменении плотности, которое вызвано изменением температуры или давления вещества.

В этом случае при изменении ρ на $\pm 10\%$ дополнительная погрешность будет всего лишь $\pm 0,4\%$. Такое соотношение нетрудно обеспечить при измерении расхода жидкости.

$$\frac{\rho_k}{\rho} = 2$$

Второй основной элемент ротаметра - измерительная коническая трубка (с конусностью 0,001-0,01). Она изготавливается из химически устойчивого или термостойкого

боросиликатного стекла. Чувствительность прибора возрастает с уменьшением угла конусности трубки.

Зависимость расхода от высоты подъема поплавка

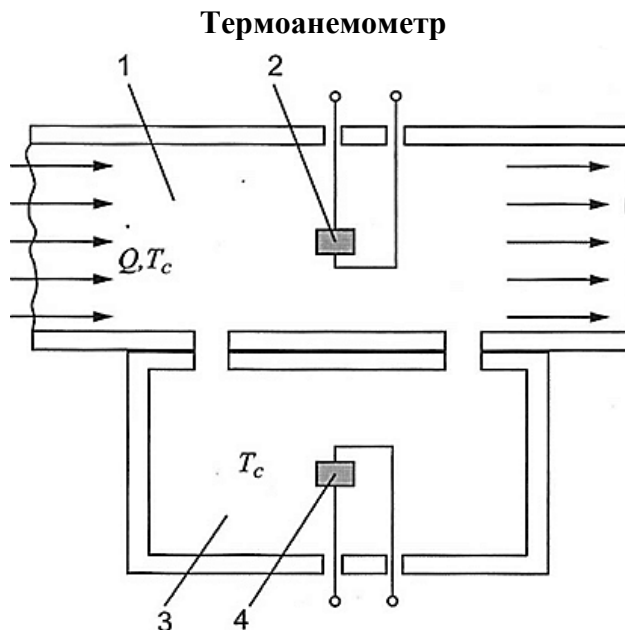


Рисунок 3. Термоанемометр

Принцип работы термоанемометра основан на измерении изменения температуры термосопротивления при обдуве его потоком газа. Схема термоанемометра приведена на рисунке 3.

К контактам терморезисторов 2 и 4 подводится постоянное напряжение, по ним течет ток, в результате чего они разогреваются, значение их сопротивления растет, величина тока снижается, в итоге устанавливается значение тока, соответствующее количеству тепла, передаваемому от терморезисторов в окружающую среду. При возникновении воздушного потока величина теплового потока от терморезистора 2 увеличивается, следовательно, оно остывает, его сопротивление падает, ток возрастает и устанавливается на новом значении. Разность токов на терморезисторе 2 и 4 соответствует определенному расходу газа через камеру 1. Газ, протекающий через камеру 1, попадает в камеру 3, благодаря чему компенсируется зависимость разности токов терморезисторов 2 и 4 от температуры газа.

Практическая работа № 21

Исследование способа измерения расхода газа по методу отсеченного объема

Цель работы: изучение способа измерения расхода газа по методу замера падения давления в отсеченном объеме.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и заполните таблицу 1.

Расход - это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Различают объемный расход Q , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый M , когда оно измеряется в единицах массы.

Метод измерения расхода по падению давления в емкости основан на газовых законах, а именно на уравнении Менделеева - Клайперона:

$$P \cdot V = M \cdot R \cdot T$$

где P - давление газа, V - объем занимаемый газом, M - масса газа, R - газовая постоянная, T - температура газа.

Схема измерения приведена на рисунке 1.

При постоянном объеме сосуда изменение массы газа приводит к изменению его давления и температуры. Таким образом, измеряя давление и температуру для двух состояний газа в емкости через время t можно определить средний объемный расход газа из емкости, приведенный к нормальным условиям:

$$Q = \frac{V}{t} \left(\frac{P_1}{R \cdot T_1} - \frac{P_2}{R \cdot T_2} \right) \cdot \frac{1}{\rho_{НУ}}$$

$\rho_{НУ}$

где $\rho_{НУ}$ - плотность газа при нормальных условиях (давлении 101325 Па и температуре 293К).

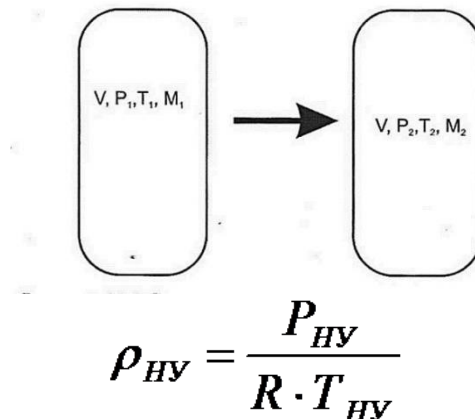


Рисунок 1. Схема измерения расхода газа по емкости

С учетом, что, получаем

$$Q = \frac{V}{t} \left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} \right) \cdot \frac{T_{НУ}}{P_{НУ}}$$

Однако, при применении датчиков температуры с большой инерционностью и больших расходах, т.е. быстром падении давления в ресивере, достоверно измерить можно только конечное давление. В таком случае принимают какой-либо из законов расширения газа - адиабатический или изотермический.

$$Q_A = \frac{V \cdot P_1}{t \cdot T_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{T_2} \right)^\gamma \right] \cdot \frac{T_{НУ}}{P_{НУ}}$$

Для адиабатического истечения из емкости

где $\gamma = 1,4$ – показатель адиабаты.

Для изотермического истечения из емкости

$$Q_A = \frac{V \cdot P_1}{t \cdot T_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{T_2} \right) \right] \cdot \frac{T_{НУ}}{P_{НУ}}$$

Практическая часть

Для изучения способов измерения расхода предназначена пневматическая система стенда, а также электронный секундомер. Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Полностью открыть редукционный клапан КР2 (вращая ручку в сторону стрелки со знаком "-").
2. Включить компрессор подачи воздуха в ресивер. Дождаться пока давление в ресивере поднимется до 5 бар по ДД3, после этого произойдет автоматическое отключение компрессора.
3. Открыть шаровые краны в линии одной из диафрагм: ВН12, ВН14 или ВН13, ВН15 краны другой линии должны быть закрыты. Для определенности дальнейшая последовательность написана для открытой линии ВН12, ВН14.
4. Закрыть дроссель ДР5.
5. Редукционным клапаном КР2 поднять давление до 30 кПа по ДД4.
6. Частично открыть дроссель до появления расхода воздуха по ротаметру. Скорректировать клапаном КР2 давление до 30 кПа по ДД4.
7. Закрыть кран ВН14.
8. Переключить секундомер в режим ручного управления.
9. Сбросить показания секундомера.
10. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРД и температуру ТР.
11. Открыть кран ВН14, одновременно запустив секундомер.
12. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 0,3 бар. Закрыть кран ВН14, одновременно остановив секундомер.
13. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРП, время по секундомеру. Сбросить показания секундомера.
14. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРД и температуру ТР.
15. Открыть кран ВН14, одновременно запустив секундомер.
16. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 0,6 бар. Закрыть кран ВН14, одновременно остановив секундомер.
17. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРП, время по секундомеру. Сбросить показания секундомера.
18. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРД и температуру ТР.
19. Открыть кран ВН14, одновременно запустив секундомер.
20. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 1,0 бар. Закрыть кран ВН 14, одновременно остановив секундомер.
21. Записать в таблицу 1 давление в ресивере РРП, время по секундомеру. Сбросить показания секундомера.
22. Открыть кран ВН14.
23. Открыть дроссель для увеличения расхода. Скорректировать клапаном КР2 давление до 30 кПа по ДД4. Закрыть кран ВН14.
24. Повторить пункты 9-23 два-три раза.
25. Закрыть кран ВН14.
26. Закрыть краны, дроссель, полностью открыть КР2.
27. Выключить компрессор подачи воздуха в ресивер.
28. Вычислить расход по ресиверу для адиабатического QА и изотермического QМ истечения. Вычислить погрешности измерений. Сделать выводы.

Таблица 1.

№	P _{рд} , бар	T _{рд} , К	P _{рд} , бар	t, с	Q _А , л/мин	Q _И , л/мин	Q _Ф , л/мин	Q _{рот} , л/мин	V _{стд} , л	V _{стд} , л	Q _{ст} , л/мин

Практическая работа № 22

Снятие характеристик при измерении расхода газа с помощью счетчика газа

Цель работы: изучение приборов для измерения расхода газа, методы измерения расхода, понятие класса точности прибора.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и заполните таблицу 1.

На стенде установлен счетчик газа фирмы Бетар, основанный на струйно-акустическом принципе действия.

Принцип работы струйного счетчика газа основан на колебании струи газа в специальном струйном генераторе. Струя газа попеременно перебрасывается из одного устойчивого положения в другое и создает при этом пульсации давления и звука с частотой пропорциональной скорости течения газа и соответственно объемного расхода. В электронном преобразователе происходит вычисление количества пропущенного газа.

Принципиальная схема преобразователя с осциллирующей струей показана на рисунке 1.

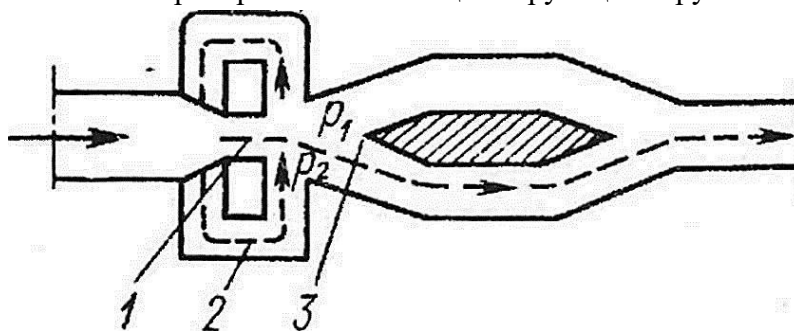


Рисунок 1. Струйно-акустический датчик расхода

Глубина проточной части преобразователей постоянна. Поток жидкости или газа проходит через сопло 1 и попадает в диффузор 3 прямоугольного сечения. Под влиянием случайных причин поток в каждый данный момент в большей степени прижимается к той или другой стенке диффузора (допустим, к нижней). Тогда благодаря эжектирующему действию струи в преобразователе релаксационного типа давление p_2 в нижней части обводной трубки 2 станет меньше давления p_1 в верхней ее части и по трубке 2 возникнет движение, показанное стрелкой, которое перебросит струю к верхней стенке диффузора. После этого направление движения в обводной трубке изменится, и струя станет осциллировать. Частота осцилляции пропорциональна скорости потока и, следовательно, расходу.

Измерение по падению давления в емкости:

$$Q_A = \frac{V \cdot P_1}{t \cdot T} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\gamma} \right] \cdot \frac{T_H}{D} \quad \text{Для адиабатического истечения из емкости, где } \gamma = 1,4 - \text{показатель адиабаты.}$$

$$Q_H = \frac{V \cdot P_1}{t \cdot T_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right] \cdot \frac{T_{H1}}{P_{H1}}$$

Практическая часть

Для изучения приборов измерения расхода предназначена пневматическая система стенда, а также электронный секундомер. Последовательность выполнения лабораторной работы:

Для изучения приборов измерения расхода предназначена пневматическая система стенда, а также электронный секундомер. Последовательность выполнения лабораторной работы:

[illegible]

Практическая работа № 23

Исследование объемного способа измерения расхода воды

Цель работы: изучение объемного способа измерения расхода воды, определение влияния величины измеряемого объема и времени измерения на погрешность измерений. Определение объема жидкости между срабатываниями датчиков уровня.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и заполните таблицу 1.

Расход - это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Различают объемный расход Q , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый M когда оно измеряется в единицах массы.

Объемный способ измерения среднего расхода жидкости - мерная емкость.

Принцип измерения расхода по мерной емкости проиллюстрирован на рисунке 1. Пусть в момент времени t_1 в мерной емкости содержится объем жидкости V_1 , и в емкость равномерно поступает жидкость до времени. Объем жидкости в емкости в момент времени t_2 равен V_2 , тогда средний расход поступающей жидкости равен:

$$Q_{CP} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

Рисунок 1. Мерная емкость

Изменяя время ($t_2 - t_1$) замера можно получать средний расход с различной точностью. В емкости установлены два датчика уровня (верхний и нижний), время между срабатываниями которых измеряется электронным секундомером с электрическим управлением. На боковую поверхность мерной емкости наклеена шкала, градуированная в единицах объема.

Практическая часть

Экспериментальное изучение способов измерения расхода заключается в измерении расхода жидкости по мерной емкости в зависимости от времени измерения и объема, в определении объема жидкости между срабатываниями датчиков уровня.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Закрывать краны ВН2, ВН5, ВН7, открывать краны ВИ3, ВН4, ВН6, ВН10.
2. Включить насос тумблером «Подача воды».
3. Закрывать кран ВН3.
4. Переключить электронный секундомер в ручной режим управления, обнулить его показания.
5. Закрывать кран ВН10, начнется наполнение мерной емкости.
6. Подождать изменения количества воды в мерной емкости примерно на 1 литр. При достижении уровнем жидкости какой-либо метки на шкале мерной емкости выключить электронный секундомер, записать значение объема по шкале на мерной емкости, записать

значение объема по счетчику воды в таблицу 1.

7. Открыть кран ВН10.

8. Повторить измерения пп. 5-7 для разных значений объема 3-4 раза.

9. Переключить электронный секундомер в автоматический режим («Время наполнения мерной емкости»). Сбросить его показания.

10. Закрыть кран ВН10. Дождаться набора емкости и отключения электронного секундомера. Записать показания в таблицу 1 в графу Δt_{ABT} .

11. Открыть кран ВН10.

12. Частично закрыть кран ВН4 для уменьшения подачи насоса.

13. Повторить пункты 4-11 для различных закрытий ВН4.

14. Вычислить средний расход по емкости и погрешности измерения расхода для каждого случая.

15. Вычислить объем жидкости между срабатыванием датчиков уровня: $\Delta V_{ABT} = \Delta t_{ABT} \times Q_{CP}$

16. Выключить насос тумблером «Подача воды».

Таблица 1.

		Мерная емкость					
№	t, с	V ₁ , л	V ₂ , л	ΔV , л	Q, л/мин	ΔQ , л/мин	δQ , %
Q _{ср} , л/мин							
Δt_{ABT} , с							
ΔV_{ABT} , л							
Q _{ср} , л/мин							
Δt_{ABT} , с							
ΔV_{ABT} , л							
	Q _{ср} , л/мин						
Δt_{ABT} , с							
ΔV_{ABT} , л							

Практическая работа № 24

Исследование способа измерения расхода воды по показаниям счетчика количества воды

Цель работы: изучение способа измерения расхода воды по показаниям счетчика количества воды, сравнение с объемным способом измерения. Определение погрешностей измерения.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.

2. Выполните алгоритм действий и заполните таблицу 1.

Расход - это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Различают объемный расход Q , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый M , когда оно измеряется в единицах массы.

Принцип работы и конструкция лопастного (пластинчатого) ротационного счетчика количества воды показана на рисунке 1. Измеряемая жидкость движется в пространстве, ограниченном цилиндрическими поверхностями корпуса 6 и ротора 8. Внутри ротора расположен неподвижный кулачок 7, на который опираются четыре ролика 9 с закрепленными на них лопатками 1, 2, 4 и 5. Давление жидкости, поступающей через входной патрубок на лопасть 5, приводит ротор во вращение, которое передается на счетный указатель. Ролики катятся по кулачку, лопасти при этом поочередно занимают место снаружи и внутри ротора. Таким образом, за полный оборот ротора через счетчик проходит количество жидкости, равное разности объемов цилиндра и ротора. Перетеканию жидкости из входного отверстия в выходное препятствует вставка 3.

При изготовлении ротационных счетчиков особо внимание обращают на легкость ход роторов и уменьшение неучитываемых утечек через счетчик. Легкость хода (качественный показатель малого трения в механизме, а, следовательно, и малой потери давления на счетчике) обеспечивается установкой валов ротора на подшипники качения. Уменьшение же утечек достигается тщательной обработкой и взаимной подгонкой сопрягаемых поверхностей.

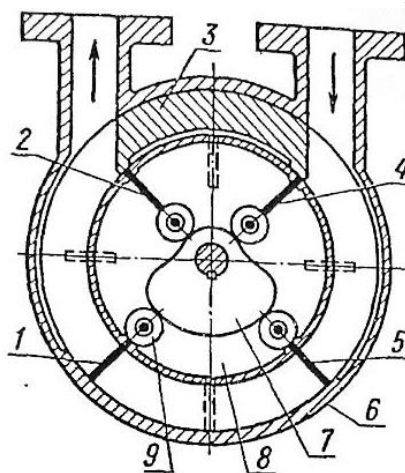


Рисунок 1. Счетчик с пластинчатыми лопастями

Погрешность показаний ротационных счетчиков обычно не превышает 1% в пределах 10-100% номинального расхода. Показания счетчика регулируют сменой шестерен в редукторе счетного механизма.

На ротационный счетчик дополнительно установлена оптопара, позволяющая в сочетании со счетчиком импульсов СИ8 подсчитывать количество оборотов счетчика в единицу времени. Дополнительные поправочные коэффициенты, задаваемые на приборе СИ8, позволяют перевести значение оборотов в значение расхода жидкости, проходящей через счетчик (данные коэффициенты уже установлены производителем стенда).

Практическая часть

Экспериментальное изучение способов измерения расхода заключается в сравнении расхода, измеренного по мерной емкости и по счетчику количества жидкости.

Последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Закрыць краны ВН2, ВН5, ВН7, адкрыць краны ВІЗ, ВН4, ВН6, ВН10.
2. Включыць насос тумблерам «Подача воды».
3. Закрыць кран ВН3.
4. Переключыць электронны секундомер у ручной рэжым управлення, абнуліць яго паказанні.
5. Закрыць кран ВН10, пачнецца нападненне мернай ёмкасці.
6. Пры дасягненні ўзроўнем жідкасці какой-лібо меткі на шкале мернай ёмкасці ўключыць электронны секундомер, запісаць значэнне аб'ёму па шкале на мернай ёмкасці, запісаць значэнне аб'ёму па счэтку воды ў тابلіцу 1.
7. Пачакаць змянення колькасці воды ў мернай ёмкасці прыкладна на 1 літр. Пры дасягненні ўзроўнем жідкасці какой-лібо меткі на шкале мернай ёмкасці выключыць электронны секундомер, запісаць значэнне аб'ёму па шкале на мернай ёмкасці, запісаць значэнне аб'ёму па счэтку воды ў тابلіцу 1.
8. Адкрыць кран ВН10.
9. Павторыць вымярэнні пп. 5-8 для розных значэнняў аб'ёму 3-4 разы.
10. Часткова зачыць кран ВН4 для змяншэння пдачы насоса.
11. Павторыць пункты 5-10 для розных зачыц ВН4.
12. Переключыць электронны секундомер у аўтаматычны рэжым.
13. Закчыць ВН10.
14. Ацмеріць па счэтку воды аб'ём воды, паступіўшай у ёмкасць за час між выключэннем і ўключэннем секундомера.
15. Вылічыць пагрэшнасці вымярэння, параўнаць з класам дакладнасці счэтка воды (см. інструкцыі). Сдлаць высновы.
16. Переключыць электронны секундомер у рэжым «Расход па счэтку воды».
17. Адкрыць ВН10.
18. На счэтку імпульсаў нажць кнопку "»", на экране СІ8 будзе атображацца цякае значэнне расхода.
19. Параўнаць значэнне па п. 18 з апошнім вымераным значэннем расхода па ёмкасці.
20. Выключыць насос тумблерам «Подача воды».

[illegible]

Практическая работа № 25

Исследование способа измерения расхода газа по измерительной диафрагме

Цель работы: изучение измерительной диафрагмы как прибора для измерения расхода жидкости, тарировка измерительной диафрагмы для жидкости методы измерения расхода, определение погрешности измерения расхода с помощью диафрагмы.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и запишите показания.

Расход - это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Различают объемный расход Q , когда количество вещества измеряется в объемных единицах, и массовый M , когда оно измеряется в единицах массы.

Наиболее распространенным методом измерения расхода в трубах является метод его измерения по переменному перепаду давления на сужающем устройстве. Схема расходомера показана на рисунке 1. В трубу вставляется устройство, сужающее поток, например диафрагма — диск с отверстием. В месте сужения скорость потока возрастает и его кинетическая энергия увеличивается. Это вызывает уменьшение потенциальной энергии, которая определяется статическим давлением. Давление в суженном потоке меньше, чем давление в потоке до сужения. Разность давлений возрастает с увеличением скорости среды и служит мерой расхода. Сужающее устройство является преобразователем потока (или его расхода) в разность давлений. Разность давлений измеряется дифференциальным манометром, градуированным в единицах расхода.

В качестве сужающего устройства обычно используют так называемые нормальные сужающие устройства: нормальные диафрагмы (рисунок 1, а) нормальные сопла (рисунок 1, б), трубы Вентури (рисунок 1, в).

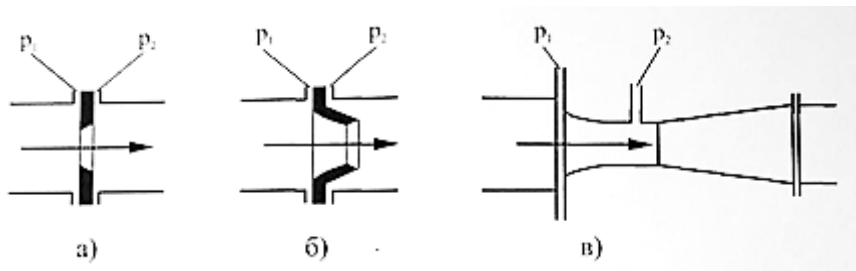


Рисунок 1. Сужающие устройства

Достоинства расходомеров с сужающими устройствами заключаются в их универсальности. Этими расходомерами можно измерять расход любых однофазных, а в ряде случаев и двухфазных сред. Они пригодны для измерения расхода в трубах практически любого диаметра и при любом давлении. Расходомер состоит из сужающего устройства, соединительных трубок и серийно выпускаемого дифференциального манометра, конструкция которого не зависит от измеряемой среды и расхода. Сужающее устройство рассчитывается по стандартной методике. Исходными данными являются условия измерения и входные данные дифференциального манометра. Сужающие устройства изготавливаются потребителем.

Основными недостатками расходомеров с сужающими устройствами являются нелинейная функция преобразования, малое отношение Q_{\max}/Q_{\min} обычно не превышающее 3, и затруднения при измерении пульсирующих и переменных расходов. Основная приведенная погрешность расходомеров этого типа не превышает 1-3%.

Для течения жидкости постоянной плотности расход через диафрагму связан с перепадом

давления на диафрагме ($P_1 - P_2$) следующим соотношением:

$$Q_d = K \sqrt{P_1 - P_2},$$

Коэффициент K определяется на основе экспериментальной тарировки диафрагмы.

Практическая часть

Для тарировки измерительной диафрагмы предназначена гидравлическая система стенда и компьютерная система сбора информации.

Лабораторная работа по тарировке диафрагмы также может выполняться в ручном режиме измерений, однако это требует значительных затрат времени, методика такой тарировки ничем не отличается от описанной ниже, кроме ручного сбора и обработки информации.

1. Подключить ноутбук к плате АЦП, запустить программу, выбрать пункт меню «Расход воды».
2. Закрывать краны ВН2, ВН4, ВН5 открыть кран ВН3.
3. Включить насос тумблером «Подача воды».
4. В случае, если в системе диафрагм есть воздушные пузыри, необходимо открыть краны ВН8, ВН9 и ВН6, ВН7. Поочередно открывая и закрывая краны ВН3, ВН4, ВН5 добиться заполнения диафрагм и измерительных трубок жидкостью. После чего закрыть ВН8, ВН9, ВН6, ВН7.
5. Выбрать одну из диафрагм для тарировки. Для определенности изложения выберем ДР1.
6. Открыть краны ВН6, ВН7. Закрывать кран ВН3, ВН4, ВН5.
7. Дождаться установления показаний ДД1 и ДД2. На экране компьютера нажать кнопку «Сбалансировать перепад».
8. Открыть ВН4, ВН6. Закрывать ВН7.
9. Переключить электронный секундомер в автоматический режим управления.
10. Открыть кран ВН10. Дождаться слива жидкости из мерной емкости.
11. Нажать кнопку «Начать измерения».
12. Закрывать кран ВН10. Когда емкость наполнится до срабатывания первого датчика уровня, на экране должен начаться отсчет времени для определения расхода.
13. После достижения уровнем жидкости верхнего датчика уровня измерение автоматически остановится. Не нужно нажимать кнопку «Остановить измерения» (эта кнопка нужна для остановки сбора информации при нарушении последовательности выполнения лабораторной работы).
14. На экране компьютера появится значение среднего перепада давления на диафрагме и расхода воды. В случае, если СКО не превышает 5% от среднего значения, нажать кнопку «Добавить точку».
15. Открыть кран ВН10.
16. Частично закрывая кран ВН4 изменить расход, а следовательно, и перепад давления на диафрагме.
17. Повторить пункты 10-16 три-четыре раза.
18. Нажать кнопку «Вычислить коэффициент», на экране отобразится значение коэффициента K для данной диафрагмы, на графике отобразится кривая, построенная по тарировочным точкам.
19. Сохранить данные и график в файлы.
20. Записать значение давления перед диафрагмой и коэффициента АТ.
21. Проанализировать отклонение экспериментально полученных точек от тарировочной

кривой, а также влияние количества тарировочных точек на коэффициент K . Сделать выводы.

22. Повторить исследование для второй диафрагмы, сравнить коэффициенты K .

23. Выключить насос тумблером «Подача воды».

Практическая работа № 26

Исследование датчиков тока и напряжения

Цель работы: изучение измерительной диафрагмы как прибора для измерения расхода жидкости, тарировка измерительной диафрагмы для жидкости методами измерения расхода, определение погрешности измерения расхода с помощью диафрагмы.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и запишите показания в таблицы.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Измерение тока с помощью шунта

При использовании в качестве первичного измерительного преобразователя шунт представляет собой сопротивление $R_{\text{ш}}$, включаемое последовательно в цепь измеряемого тока $I_{\text{изм}}$ (рис. 1). Падение напряжения на шунте $U_{\text{ш}}$ подается на измерительный прибор (вольтметр) или на усилитель (измерительную схему). Шунты обычно изготавливаются из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом сопротивления, благодаря чему его сопротивление практически остается постоянным.

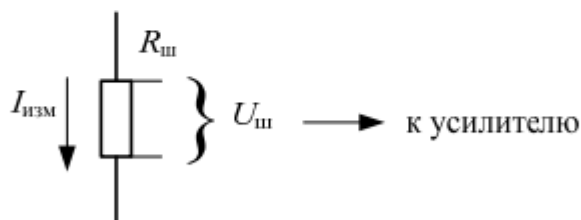


Рис. 1. Схема включения шунта

При схеме включения, показанной на рис. 1, шунт используется как преобразователь тока в напряжение, которое при условии $R_{\text{ш}} \ll R_{\text{вх}}$ определяется по формуле:

$$U_{\text{ш}} = R_{\text{ш}} \cdot I_{\text{изм}} = k \cdot I_{\text{изм}},$$

где $\bar{U}_{\text{ш}}$ – выходное напряжение на шунте;

$R_{\text{ш}}$ – сопротивление шунта;

$I_{\text{изм}}$ – измеряемый ток;

k – коэффициент передачи шунта, В/А.

В зависимости от сопротивления шунта в качестве этого элемента могут быть использованы медный провод на катушке, металлическая пластина, нормализованный (стандартный) резистор с малым допуском отклонения сопротивления.

1.2. Гальваническая развязка

Большинство датчиков тока и напряжения, применяемые в промышленности для измерения больших токов, имеют гальваническую развязку первичных и вторичных цепей. Это необходимо для исключения протекания выравнивающих токов и других токов, способных повредить компоненты вторичных цепей или поражать людей, прикасающихся к оборудованию вторичных цепей.

Гальваническая развязка – это передача энергии или сигнала между электрическими цепями без электрического контакта между ними. Прибор, обеспечивающий развязку, искусственно ограничивает передачу энергии из одной цепи в другую. В качестве такого прибора может использоваться трансформатор (магнитная развязка) или оптопара (оптическая развязка). В обоих случаях цепи оказываются электрически разделёнными, но между ними возможна передача энергии или сигналов.

У трансформатора первичная обмотка полностью изолирована от вторичной, поэтому между ними никаких токов возникнуть не может в принципе (кроме случаев пробоя и высокочастотных помех), хотя разность потенциалов в обмотках может быть очень большой.

Оптопары, как правило, обеспечивают напряжение изоляции между светодиодом и фототранзистором до 2500 В и более. Оптопары являются приемлемым выбором благодаря своей дешевизне по сравнению с трансформаторами. Основным недостатком оптопар является большой разброс передаточной функции от экземпляра к экземпляру.

1.3. Датчик тока с шунтом и опторазвязкой

Функциональная схема датчика тока с шунтом с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL-7840 показана на рис. 2. Измеряемый ток протекает через резистор (шунт), а падение напряжения на этом резисторе подается на вход микросхемы HCPL-7840, которая представляет собой усилитель с гальванической развязкой.

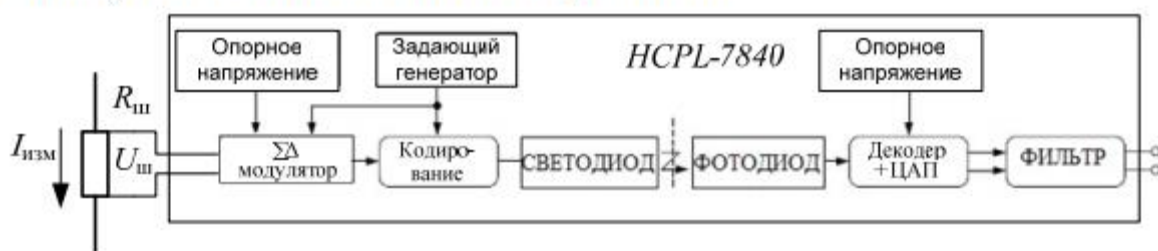


Рис. 2. Функциональная схема датчика тока с опторазвязкой

Напряжение на входе микросхемы в диапазоне ± 200 мВ преобразуется сигма-дельта модулятором в высокочастотный сигнал, кодируется

и передаётся через оптопару. Затем сигнал преобразуется декодером и цифро-аналоговым преобразователем ЦАП в выходное напряжение в диапазоне $2,5 \pm 1,6$ В.

Датчик тока с опторазвязкой имеет ряд достоинств по сравнению с датчиком Холла: меньше по размерам, имеет лучшую линейность регулировочной характеристики.

Модулятор – это устройство для преобразования входного медленно изменяющегося сигнала в изменение параметров колебаний более высокой частоты. Частота выходного сигнала определяется частотой несущего (опорного) напряжения. Если напряжение описывается уравнением $U = U_m \cos(\omega t + \varphi_0)$, то амплитуда U_m , частота ω и начальная фаза φ_0 постоянны. Модуляция основывается на том, что один из параметров изменяется в соответствии с изменениями модулирующего сигнала низкой частоты.

По виду модуляции модуляторы бывают амплитудные, частотные, фазовые и импульсные. Исходя из того, какой параметр – амплитуда, фаза или частота – изменится, различают амплитудно-импульсную, фазо-, частотно- и широтно-импульсную модуляции.

Управление колебаниями модуляторов осуществляется нелинейным резистором или управляющим элементом, параметры которого изменяются в процессе модуляции.

Демодулятор – это устройство, производящее операцию, обратную модуляции, то есть выделяет низкочастотный сигнал из модулированного колебания.

К основным характеристикам амплитудных модуляторов и демодуляторов относятся характеристика управления, коэффициента преобразования, входное и выходное сопротивление, уровень собственных шумов, выходная мощность и динамические свойства.

1.4. Измерение тока с помощью преобразователя Холла

Датчики тока с преобразователем Холла основаны на использовании эффекта Холла, который был обнаружен в 1879 году американским физиком Эдвином Гербертом Холлом. **Эффект Холла** вызывается силой Лоренца, которая воздействует на подвижные носители зарядов в проводнике, когда на них действует магнитное поле перпендикулярно направлению тока.

На рис. 3 пояснен эффект Холла. Вдоль по тонкой пластине полупроводника течёт ток управления I_c . Магнитный поток B создает силу Лоренца F_L , направленную перпендикулярно движению зарядов (электронов), которые образуют ток. Это приводит к смещению электронов

перпендикулярно направлению своего движения, поэтому вблизи одной грани возникает избыток носителей зарядов, а вблизи другой – недостаток, то есть возникает разность потенциалов, которую называют ЭДС Холла U_H , и которая находится по выражению:

$$U_H = \frac{K}{d} \cdot I_C \cdot B, \quad (1)$$

где K – константа Холла для материала пластины;
 d – толщина полупроводниковой пластины.

Такое устройство получило название **генератора Холла**. Генераторы Холла обладают определённой зависимостью чувствительности и начального выходного напряжения от температуры, тем не менее, эта зависимость может быть значительно компенсирована электронной схемой датчика тока.

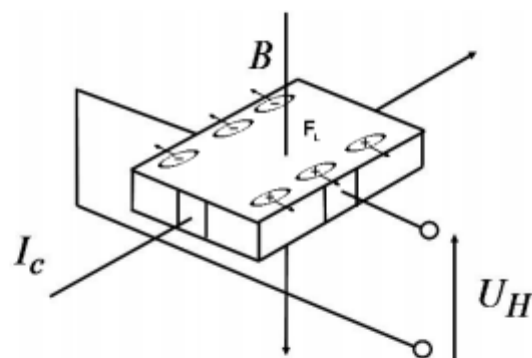


Рис. 3. Эффект Холла

Датчики Холла изготавливают на основе полупроводниковых материалов: кремния, германия, арсенида галлия и арсенида индия. В зависимости от конкретного материала датчики имеют различную чувствительность, ток управления и выходное напряжение. Существует два основных вида датчиков тока, основанных на эффекте Холла – датчики прямого усиления и датчики компенсационного типа.

В **датчике прямого усиления** (рис. 4) провод (шина), по которому протекает измеряемый ток I_p , проходит через окно сердечника. В воздушном зазоре этого сердечника, где помещён элемент (генератор) Холла, напряжённость магнитного поля H создаётся измеряемым первичным током I_p , который необходимо преобразовать в выходной сигнал датчика.

При протекании постоянного тока управления I_C , который подаётся от стабилизированного источника тока, на поперечных сторонах пластинки генерируется ЭДС Холла, пропорциональная напряжённости H и току I_C .

В области линейного участка кривой намагничивания материала сердечника магнитная индукция B пропорциональна напряжённости магнитного поля H , которая в свою очередь пропорциональна I_p ($B = a \cdot I_p$, где a – константа), следовательно, напряжение Холла выражается следующим образом:

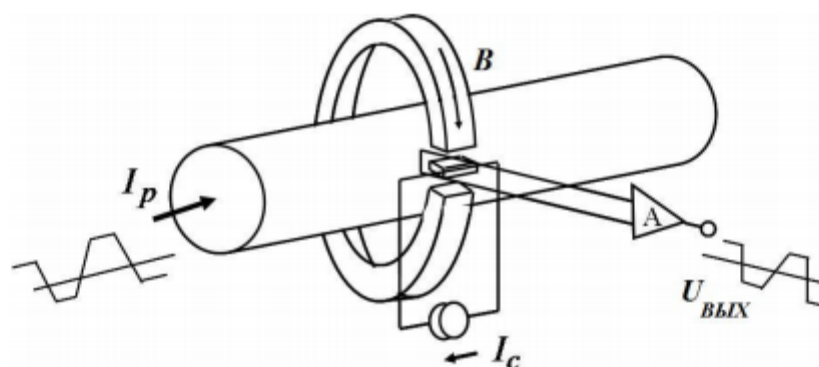


Рис. 4. Датчик прямого усиления, основанный на эффекте Холла

$$U_H = \frac{K}{d} \cdot I_c \cdot a \cdot I_p \quad (2)$$

Если кроме тока I_p все составляющие выражения (2) величины постоянные, то

$$U_H = b \cdot I_p, \quad (3)$$

где b – константа.

Измеряемый сигнал (напряжение Холла U_H) усиливается усилителем А и выдаётся на выходе датчика в виде напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$. Датчики прямого усиления способны измерять постоянный, переменный синусоидальный и несинусоидальные токи величиной от нескольких ампер до нескольких сотен килоампер с общей точностью в несколько процентов от номинального значения тока. Они отличаются низкой потребляемой мощностью, малыми геометрическими размерами, а также относительно небольшим весом, особенно для диапазона больших токов. Эти датчики сравнительно недороги и в основном применяются в промышленности.

В датчиках компенсационного типа (также называемых датчиками с единичной обратной связью или датчиками с нулевым потоком) напряжение Холла U_H усиливается усилителем А (рис. 4), затем проходит через транзисторную сборку и преобразуется в выходной ток I_s (прямо пропорциональный ЭДС Холла), который как сигнал обратной связи подаётся на компенсационную обмотку, намотанную на сердечнике датчика, чтобы компенсировать магнитную индукцию B_p поля, создаваемого первичным током I_p , магнитной индукцией B_s поля, создаваемого выходным током I_s .

Выходной ток I_s намного меньше, чем I_p , потому что катушка с N_s витками предназначена для создания аналогичного магнитного потока (ампер-витков), как и измерительной катушки с одним витком

($N_p = 1$). Измерительная катушка – это проводник (шина) с измеряемым током I_p , а виток всего один, потому что шина проходит сквозь сердечник один раз. Таким образом

$$N_p \cdot I_p = N_s \cdot I_s. \quad (4)$$

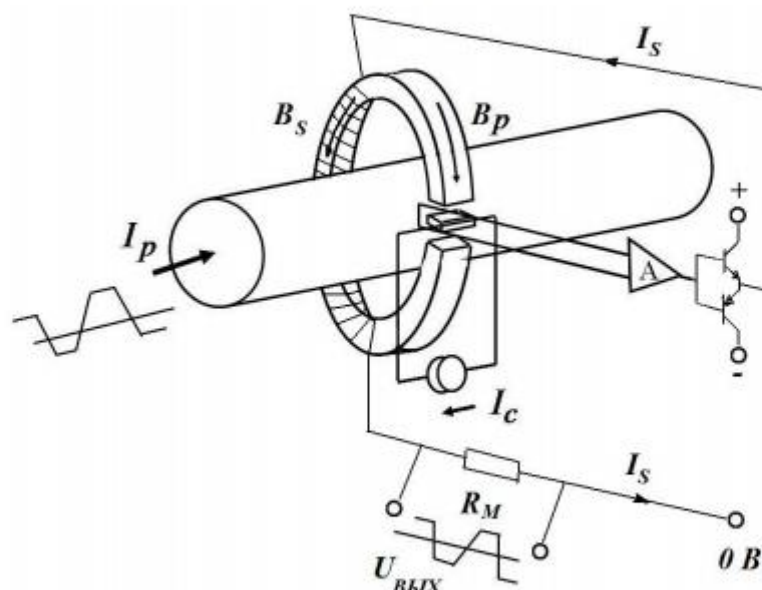


Рис. 4. Датчик компенсационного типа, основанный на эффекте Холла

Следовательно, индукция B_s эквивалентна B_p , и их магнитные потоки взаимно компенсируют друг друга. Таким образом, система действует при нулевом магнитном потоке в сеплечнике.

В качестве примера разберём преобразование постоянного тока 100 А датчиком компенсационного типа. Количество витков в измерительной обмотке $N_p = 1$, а в компенсационной обмотке $N_s = 1000$. Следовательно, вторичный выходной ток будет определяться следующим образом:

$$I_s = \frac{N_p \cdot I_p}{N_s} = \frac{1 \cdot 100}{1000} = 0.1 \text{ (A)} = 100 \text{ (mA)}.$$

Ток I_s является точным отображением I_p по форме, но меньшим в 1000 раз ($100 \text{ A} / 1000 = 0.1 \text{ A}$).

Датчики тока серии LTS

Датчики серии LTS являются датчиками компенсационного типа с применением технологии ASIC (Application Specific Integrated Circuit). Все активные электронные компоненты, включая датчик Холла, размещены в микросхеме, блок-схема которой показана на рис. 5. Такая конструкция компенсирует разброс и температурный дрейф параметров компонентов. Более того, снижается чувствительность к внешним поме-

хам, а компоненты работают в оптимальном режиме. Использование микросхемы позволило существенно уменьшить размеры датчика.

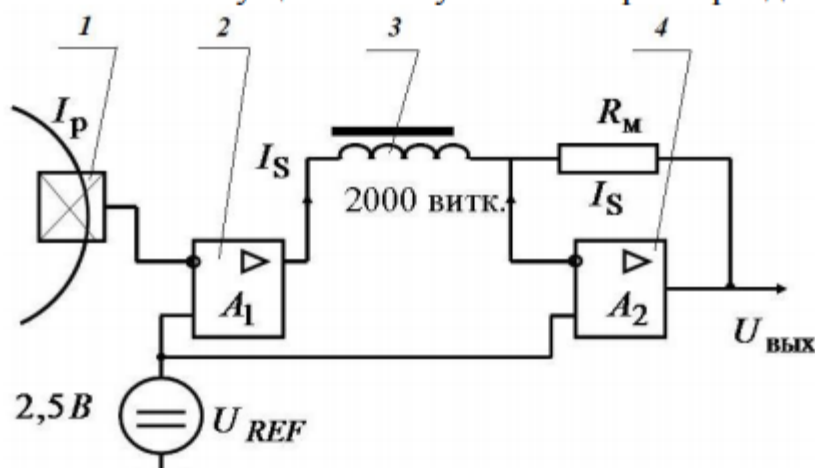


Рис. 5. Блок-схема датчика серии LTS:

1 – элемент Холла; 2 – предварительный усилитель;
3 – вторичная обмотка; 4 – выходной усилитель

У датчиков серии LTS есть встроенный измерительный резистор R_M , который определяет выходное напряжение. Выходной сигнал совместим по уровню с входными цепями аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Выходное напряжение $U_{\text{ВЫХ}}$ датчика компенсационного типа вычисляется по выражению:

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{REF}} + I_S \cdot R_M, \quad (5)$$

где U_{REF} – опорное напряжение (у датчиков серии LTS $U_{\text{REF}} = 2,5 \text{ В}$).

Так как $I_S = \frac{I_P}{N_S}$, то

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{REF}} + \frac{I_P \cdot R_M}{N_S} = U_0 + K_I \cdot I_P, \quad (6)$$

где $U_0 = U_{\text{REF}} = 2,5 \text{ В}$;

K_I – коэффициент передачи датчика тока.

где $U_0 = U_{\text{REF}} = 2,5 \text{ В}$;

K_I – коэффициент передачи датчика тока.

Датчики компенсационного типа способны измерять постоянный ток, переменный синусоидальный и несинусоидальные токи от нескольких ампер до нескольких десятков тысяч ампер с точностью около 1 %. Эти датчики особенно подходят для применения в промышленности, где требуется высокая точность и широкий частотный диапазон. Основным недостатком этой технологии измерения тока является потребление мощности на компенсацию тока. Кроме того, для диапазона сильных токов эти датчики являются более дорогими и имеют большие габариты по сравнению с аналогичными датчиками прямого усиления.

1.5. Трансформатор тока

Трансформатор тока предназначен для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для гальванического разделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Трансформатор тока имеет замкнутый магнитопровод и две обмотки – первичную и вторичную (рис. 6). Первичная обмотка включается последовательно в цепь измеряемого тока I_1 , ко вторичной обмотке присоединяются измерительные приборы, обтекаемые током I_2 .

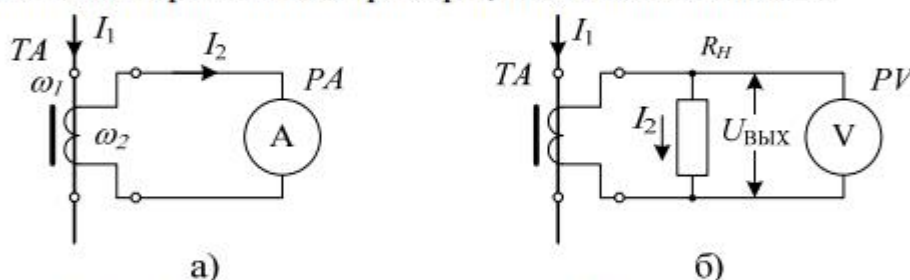


Рис. 6. Схемы подключения трансформатора тока

Трансформатор тока характеризуется номинальным коэффициентом трансформации:

$$K_I = \frac{I_{1\text{ном}}}{I_{2\text{ном}}}, \quad (7)$$

где $I_{1\text{ном}}$ и $I_{2\text{ном}}$ – номинальные значения первичного и вторичного тока соответственно.

В зависимости от предъявляемых требований, выпускаются трансформаторы тока с классами точности 0,2; 0,5; 1; 3; 10. Указанные цифры представляют собой токовую погрешность в процентах от номинального тока при нагрузке первичной обмотки током 100...120 % для первых трех классов и 50...120 % для двух последних. Трансформаторы тока класса 0,2 применяются для присоединения точных лабораторных приборов, класса 0,5 – для присоединения счетчиков денежного расчета, класса 1 – для всех технических измерительных приборов, классов 3 и 10 – для релейной защиты.

Кроме рассмотренных классов выпускаются также трансформаторы тока со вторичными обмотками типов Д (для дифференциальной защиты), З (для земляной защиты), Р (для прочих релейных защит).

Токовые цепи измерительных приборов и реле имеют малое сопротивление, поэтому трансформатор тока нормально работает в режиме, близком к режиму короткого замыкания. Если разомкнуть вторичную обмотку, то на ней появится высокое напряжение, достигающее в некоторых случаях десятков киловольт. Из-за указанных явлений не разре-

шается размыкать вторичную обмотку трансформатора тока при протекании тока в первичной обмотке.

1.6. Трансформатор напряжения

Трансформатор напряжения (ТН) – измерительный трансформатор, предназначенный для преобразования высокого напряжения в низкое в цепях измерения и контроля. Применение ТН позволяет изолировать цепи вольтметров, частотометров, электрических счётчиков, устройств автоматического управления и контроля и т. д. от цепи высокого напряжения.

Первичная обмотка трансформатора напряжения состоит из большого числа витков ω_1 и подключается к цепи с измеряемым (контролируемым) напряжением U_1 параллельно. К зажимам вторичной обмотки с числом витков ω_2 ($\omega_1 \gg \omega_2$) подсоединяют измерительные приборы (или контрольные устройства). Так как внутреннее сопротивление последних относительно велико, ТН работает в условиях, близких к режиму холостого хода, что позволяет (пренебрегая потерями напряжения в обмотках) считать U_1 и U_2 приблизительно равными соответствующим ЭДС и пропорциональными ω_1 и ω_2 , то есть $U_1 \cdot \omega_2 = U_2 \cdot \omega_1$.

Коэффициент трансформации ТН можно определить по формуле:

$$K_U = \frac{U_{1\text{ном}}}{U_{2\text{ном}}}. \quad (8)$$

Зная коэффициент трансформации, можно по результатам измерения низкого напряжения во вторичной обмотке определять высокое первичное напряжение. Приблизжённый характер соотношения между U_1 и U_2 обуславливает наличие погрешности по напряжению и угловой погрешности найденной величины U_1 . В компенсированных ТН производится компенсация этих погрешностей.

Типичное применение ТН – преобразование высокого напряжения в низкое в измерительных цепях и гальваническая развязка. Применение трансформатора напряжения позволяет изолировать логические цепи защиты и цепи измерения от цепи высокого напряжения.

2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. При выполнении работы используются следующие блоки и оборудование:

- однофазный источник питания G1 (218.1);
- источник питания A1 (216.1);
- соединительные провода;

- блок мультиметров АЗ (509.3);
- блок датчиков тока и напряжения А8 (402.4).

2.2. Внешний вид блока А8 (402.4) показан на рис. 7. В блок встроены испытываемые датчики с необходимыми шунтами или делителями напряжения и источниками питания.

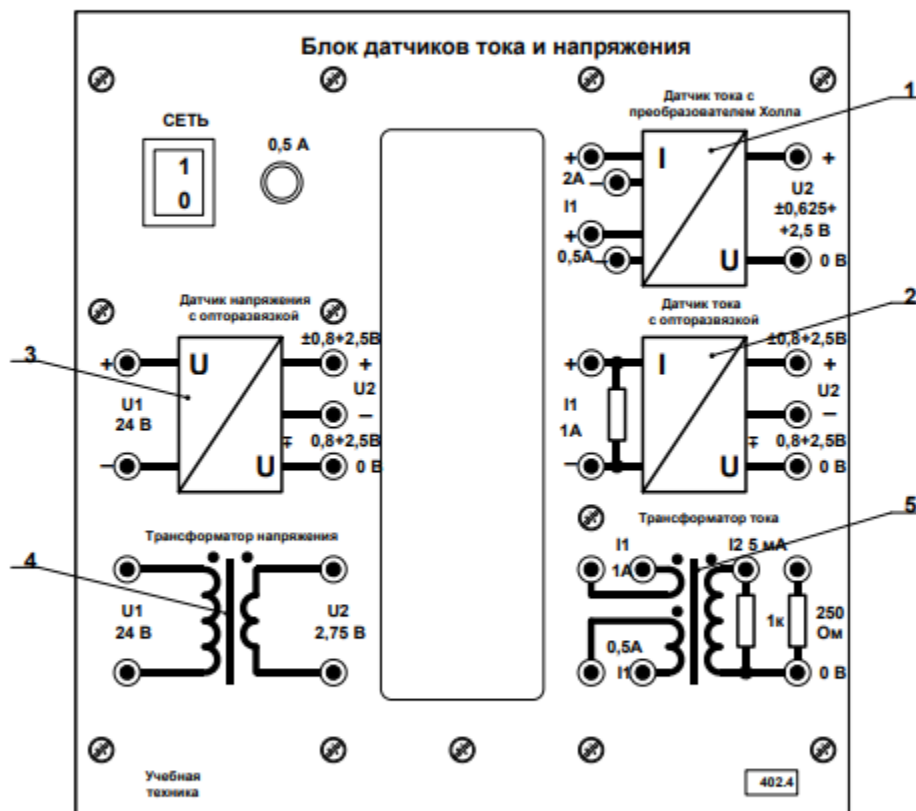


Рис. 7. Блок датчиков тока и напряжения А8:

1 – датчик тока с преобразователем Холла LTS 6-NP; 2 – датчик тока с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840; 3 – датчик напряжения с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840; 4 – трансформатор напряжения; 5 – трансформатор тока AC1005

В блоке установлены следующие аналоговые датчики напряжения и тока с гальванической развязкой между цепями входа и выхода:

- датчик тока с преобразователем Холла LTS 6-NP;
- датчик тока с шунтом и опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840;
- датчик напряжения с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840;
- трансформатор напряжения;
- трансформатор тока.

На вход испытываемого датчика подается постоянное или переменное напряжение или ток от источника питания А1 (216.1). Выходной сигнал датчиков измеряется мультиметром (блок А3, 509.3).

Датчики 1, 2 и 3 (рис. 7) питаются от встроенных в блок А7 источников питания +5 В. При испытании этих датчиков необходимо включить выключатель «Сеть» блока датчиков тока и напряжения.

Трансформаторы не требуют питания и испытываются только на переменном напряжении или токе.

2.3. Компенсационный датчик тока с преобразователем Холла LTS 6-NP выполнен на магнитопроводе с 3 обмотками: две измерительных (3 витка на пределе 2 А, 12 витков на пределе 0,5 А) и компенсирующая. Датчик Холла установлен в зазоре магнитопровода и измеряет его магнитный поток.

На основе сигнала датчика Холла система автоматического регулирования задает ток компенсирующей обмотки так, чтобы магнитный поток в магнитопроводе был равен 0. Датчик работает как на постоянном, так и на переменном токе. Выходной сигнал датчика – напряжение, изменяющееся в диапазоне $2,5 \pm 0,625$ В. Частотный диапазон датчика 0...100 кГц (погрешность 6 %).

Измерительные обмотки датчика можно использовать одновременно для вычисления суммы или разности двух токов. Подробное описание датчика приведено в документе [6].

2.4. На основе микросхемы с опторазвязкой HCPL-7840 (описание в документе [7]) выполнены **датчики тока и напряжения**. На вход микросхемы подается напряжение с шунта (датчик тока) или с делителя напряжения (датчик напряжения).

Микросхема имеет дифференциальный вход с номинальным диапазоном входных сигналов ± 200 мВ и выходы: неинвертирующий $\pm 0,8 + 2,5$ В и инвертирующий $\mp 0,8 + 2,5$ В. При измерении разности напряжений на выходах микросхемы постоянные составляющие вычитаются и выходной сигнал меняется в диапазоне $\pm 1,6$ В, т. е. номинальный коэффициент усиления микросхемы равен 8. Частотный диапазон микросхемы при погрешности не более 5 % равен 0...20 кГц.

2.5. Трансформатор тока AC1005 (описание в документе [8]) имеет номинальный ток первичной обмотки 5 А и соотношение витков встроенных вторичной обмотки к первичной 1000:1.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

3.1. Исследование датчика тока с преобразователем Холла LTS 6-NP на постоянном токе.

3.1.1. Проверьте схему электропитания блоков A1, A3, A8 и G1. Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

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

3.1.3. Установите переключатель рода тока на блоке A1 в положение «Постоянный ток». Для испытаний на постоянном токе установите выходное напряжение источника питания близким к нулю (по мультиметру или поворотом ручки в среднее положение).

3.1.4. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, изображённой на рис. 8, б).

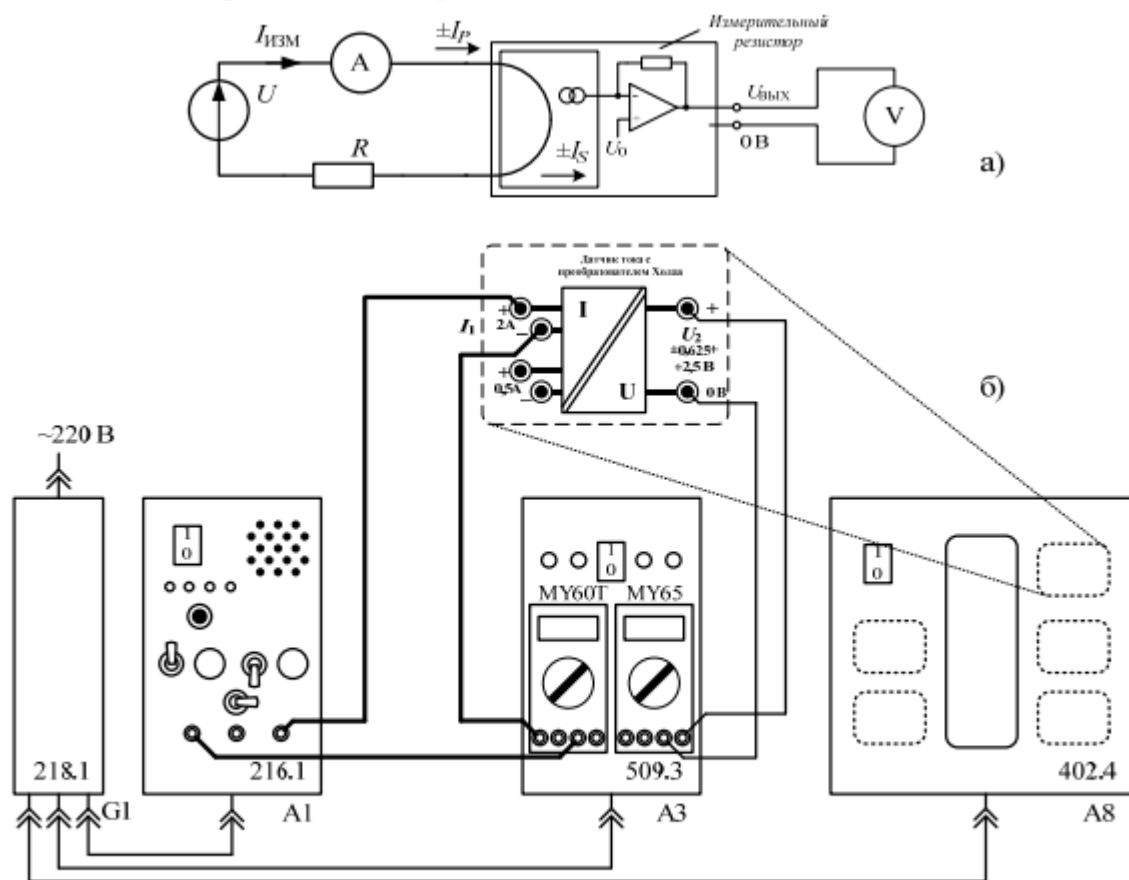


Рис. 8. Схема испытания датчика тока с преобразователем Холла (LTS 6-NP)

Мультиметр MY60T блока A3 измеряет ток на входе датчика на пределе измерения «10 А», а мультиметр MY65 – напряжение на выходе датчика на пределе измерения «20 В». Источник питания A1 задает постоянный ток в цепи из последовательно соединенных резистора номи-

налом 2 Ома (установлен в блоке А1), обмотки датчика тока (блок А8), входа измерения тока мультиметра МУ60Т (гнезда «10 А» и «СOM», блок А3).

3.1.5. Установите переключатель диапазонов выходного напряжения источника питания А1 в положение «5 В/1,5 А».

3.1.6. Включите питание блоков А8, А3, А1.

3.1.7. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1 установите несколько значений тока $I_{\text{изм}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 1 как $U_{\text{вых1}}$.

Внимание! Не допускается превышать указанные для выбранного предела («5 В/1,5 А») напряжения и токи нагрузки источника.

Таблица 1

$I_{\text{изм}}, \text{А}$	-1,5	-1,2	-0,9	...	1,5
$U_{\text{вых1}}, \text{В}$					
$U_{\text{вых1Т}}, \text{В}$					
$\Delta U_{\text{вых1Т}}, \text{В}$					
$\delta_1, \%$					

3.1.8. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

3.2. Исследование датчика тока с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840 на постоянном токе.

3.2.1. Повторите действия в соответствии с пп. 3.1.1...3.1.3.

3.2.2. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, изображённой на рис. 9, б.

Мультиметр МУ60Т блока А3 измеряет ток на входе датчика на пределе измерения «10 А», а мультиметр МУ65 – напряжение на выходе датчика на пределе измерения «20 В». Источник питания А1 задает постоянный ток в цепи из последовательно соединенных резистора номиналом 2 Ома (установлен в блоке А1), обмотки датчика тока (блок А8), входа измерения тока мультиметра МУ60Т (гнезда «10 А» и «СOM», блок А3).

3.2.3. Установите переключатель диапазонов выходного напряжения источника питания А1 в положение «5 В/1,5 А».

3.2.4. Включите питание блоков А8, А3, А1.

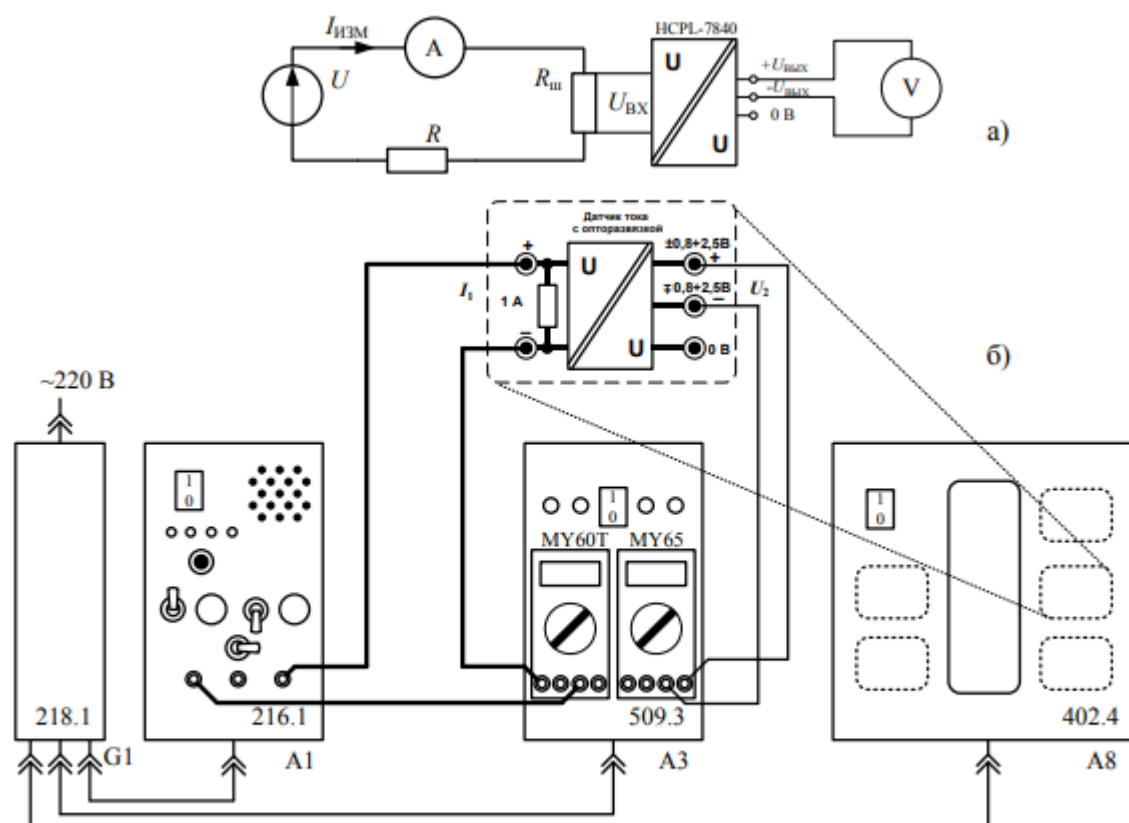


Рис. 9. Схема испытания датчика тока с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840

3.2.5. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1 установите несколько значений тока $I_{\text{изм}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 2 как $U_{\text{вых2}}$.

Таблица 2

$I_{\text{изм}}, \text{A}$	-1,5	-1,2	-0,9	...	1,5
$U_{\text{вых2}}, \text{B}$					
$U_{\text{вых2T}}, \text{B}$					
$\Delta U_{\text{вых2T}}, \text{B}$					
$\delta_2, \%$					

3.2.6. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

3.3. Исследование датчика тока с преобразователем Холла LTS 6-NP на переменном токе.

3.3.1. Проверьте схему электропитания блоков А1, А3, А8 и G1. Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

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

3.3.3. Для испытаний на переменном токе установите частоту выходного сигнала источника А1 по указанию преподавателя (например, 50 Гц):

- подключите к выходу источника питания А1 мультиметр МУ65 блока А3 в положении измерения частоты. Установите переменное выходное напряжения источника А1;
- включите выключатель «СЕТЬ» блоков А1 (216.1) и А3 (509.3);
- ручкой «Ампл.» увеличьте выходное напряжение источника А1 для получения устойчивых показаний частоты. Тумблером выберите диапазон частоты источника, а ручкой «Частота» установите значение частоты, при которой будет проводиться испытание датчика;
- отключите питание блоков А1 (216.1) и А3 (509.3) выключателями «СЕТЬ» этих блоков.

3.3.4. Установите минимальное выходное напряжение источника поворотом ручки «Ампл.» источника А1 против часовой стрелки до упора.

3.3.5. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, изображённой на рис. 8, б.

3.3.6. Установите переключатель диапазонов выходного напряжения источника питания А1 в положение «5 В/1,5 А».

3.3.7. Включите питание блоков А8, А3, А1.

3.3.8. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1 установите несколько значений тока $I_{\text{изм}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 3 как $U_{\text{вых_синз}}$.

Таблица 3

$I_{\text{изм}}, \text{А}$	0	0,15	0,3	...	1,5
$U_{\text{вых_синз}}, \text{В}$					
$U_{\text{вых_синзТ}}, \text{В}$					
$\Delta U_{\text{вых_синз}}, \text{В}$					
$\delta_3, \%$					

3.3.9. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

3.4. Исследование датчика тока с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL7840 на переменном токе.

3.4.1. Повторите действия в соответствии с пп. 3.3.1...3.3.4.

3.4.2. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, изображённой на рис. 9, б.

3.4.3. Установите переключатель диапазонов выходного напряжения источника питания А1 в положение «5 В/1,5 А».

3.4.4. Включите питание блоков А8, А3, А1.

3.4.5. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1 установите несколько значений тока $I_{\text{ИЗМ}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 4 как $U_{\text{ВЫХ_СИН4}}$.

Таблица 4

$I_{\text{ИЗМ}}, \text{A}$	0	0,15	0,3	...	1,5
$U_{\text{ВЫХ_СИН4}}, \text{В}$					
$U_{\text{ВЫХ_СИН4Т}}, \text{В}$					
$\delta_4, \%$					

3.4.6. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

3.5. Исследование трансформатора тока АС1005.

3.5.1. Повторите действия в соответствии с пп. 3.3.1...3.3.4.

3.5.2. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, изображённой на рис. 10. б.

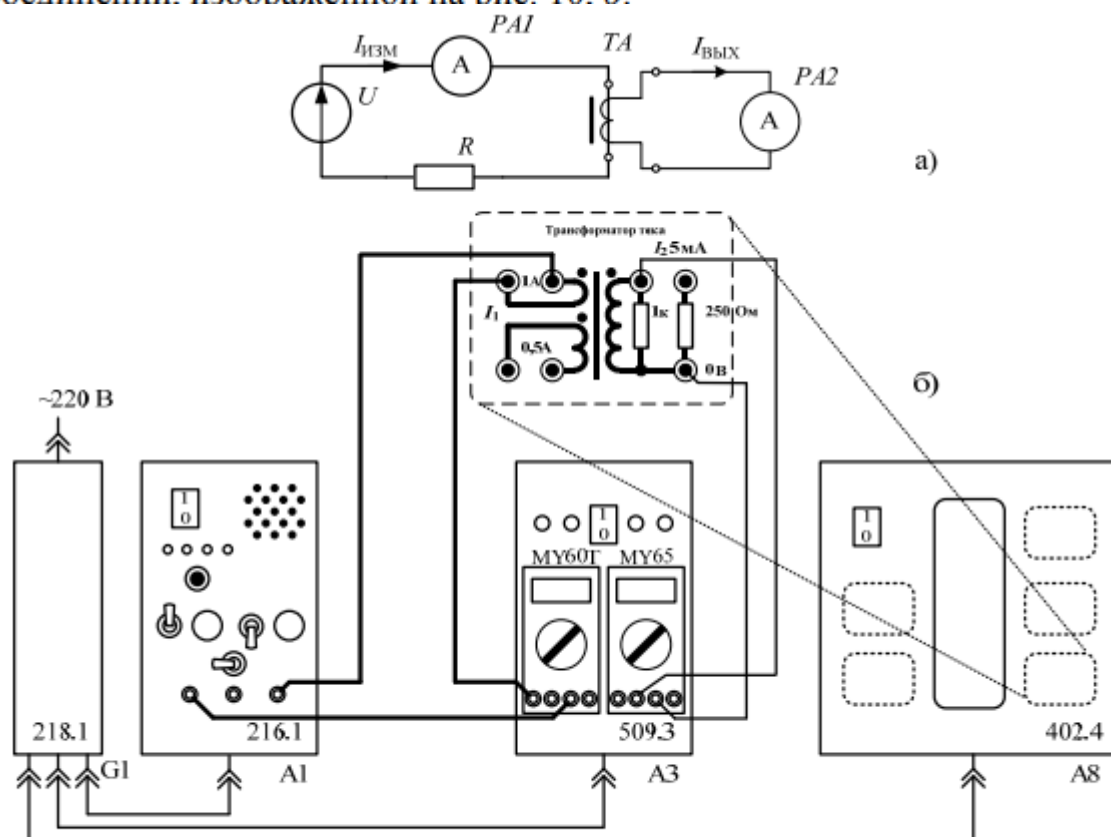


Рис. 10. Схема испытания трансформатора тока при подключении его вторичной обмотки ко входу измерения тока мультиметра MY65

3.5.3. Установите переключатель диапазонов выходного напряжения источника питания А1 в положение «5 В/1,5 А».

3.5.4. Включите питание блоков А8, А3, А1.

3.5.5. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1 установите несколько значений тока $I_{\text{ИЗМ}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 5 как $I_{\text{ТТ_СИН5}}$.

3.5.6. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

3.5.7. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений ТТ, изображённой на рис. 11, б, при подключении его вторичной обмотки к нагрузке 200 Ом.

3.5.8. Включите питание блоков А8, А3, А1.

3.5.9. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1, установите несколько значений тока $I_{\text{ИЗМ}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 5 как $U_{\text{ВЫХ_СИН6}}$.

3.5.10. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

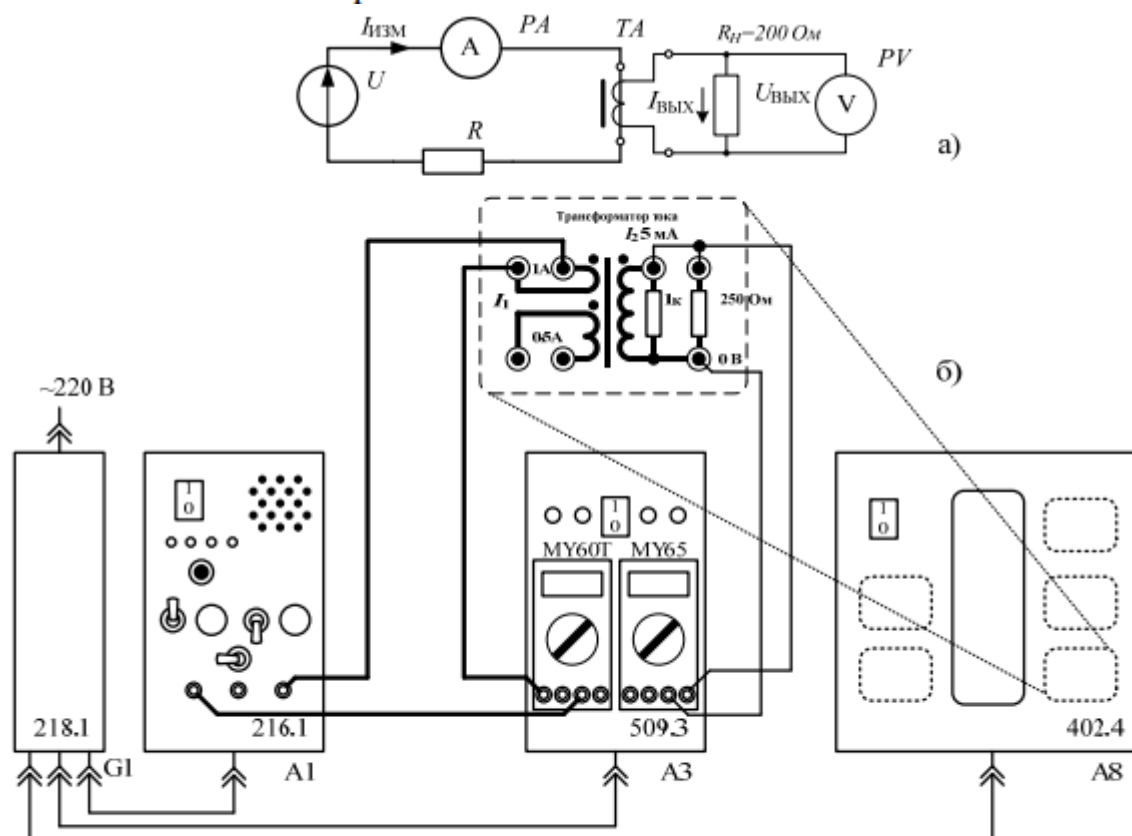


Рис. 11. Схема испытания трансформатора тока при подключении его вторичной обмотки к нагрузке 200 Ом

Таблица 5

$I_{\text{изм}}, \text{A}$	0	0,15	0,3	...	1
$I_{\text{ТТ_син5}}, \text{мА}$					
$I_{\text{ТТ_син5Т}}, \text{мА}$					
$\delta_5, \%$					
$U_{\text{вых_син6}}, \text{В}$					
$U_{\text{вых_син6Т}}, \text{В}$					
$\delta_6, \%$					
$U_{\text{вых_син7}}, \text{В}$					
$U_{\text{вых_син7Т}}, \text{В}$					
$\delta_7, \%$					

3.5.11. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений ТТ, изображённой на рис. 12, б, при подключении его вторичной обмотки к нагрузке 1 кОм.

3.5.12. Включите питание блоков А8, А3, А1.

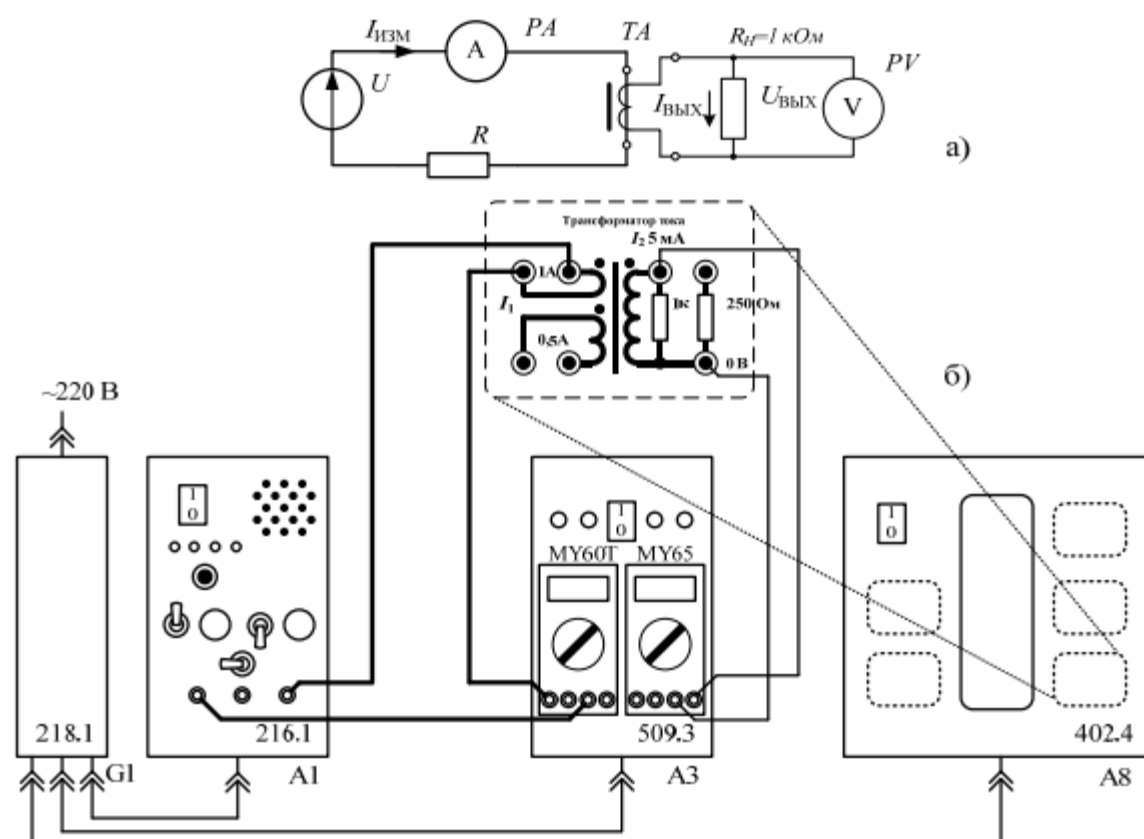


Рис. 12. Схема испытания трансформатора тока при подключении его вторичной обмотки к нагрузке 1 кОм

3.5.13. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1, установите несколько значений тока $I_{\text{изм}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 5 как $U_{\text{вых_син7}}$.

3.5.14. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

Практическая работа № 27

Исследование характеристик при измерении скорости вращения

Цель работы: изучение принципов работы основных видов датчиков угловой скорости.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните алгоритм действий и запишите показания в таблицу.

1.1. Тахогенераторы

Тахогенераторами (ТГ) называют электрические микромашины, предназначенные для преобразования угловой скорости контролируемого вала в электрический сигнал. Таким образом, ТГ является датчиком генераторного типа. Поскольку в электрических машинах электродвижущая сила (ЭДС) пропорциональна угловой скорости вращения ротора, то в качестве ТГ могут быть использованы различные типы электрических генераторов: асинхронные, постоянного тока, синхронные и т. д.

Асинхронный тахогенератор (АТГ) имеет на статоре две обмотки, сдвинутые в пространстве на электрический угол 90° (рис. 1). Одна из них – обмотка возбуждения O_1 – подключается к сети, с другой – генераторной обмотки O_2 – снимается выходное напряжение ТГ. Ротор АТГ представляет собой полый немагнитный цилиндр с большим активным сопротивлением. Для уменьшения влияния неравномерности воздушного зазора и несимметрии ротора на выходную характеристику прецизионный АТГ обычно выполняют с количеством пар полюсов $p \geq 2$.

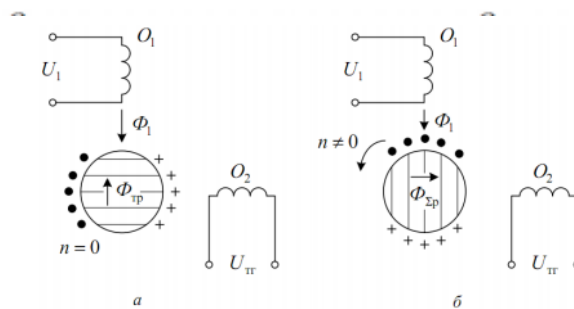


Рис. 1. К принципу действия АТГ

При неподвижном роторе (рис. 1, а) пульсирующий по постоянной оси поток Φ_1 наводит в роторе ЭДС трансформации. Контур токов ротора, расположенные в плоскостях, перпендикулярных оси Φ_1 , создают поток $\Phi_{\text{ТТ}}$. Теоретически при неподвижном роторе $U_{\text{ТТ}}=0$, т. к. поток по оси обмотки O_2 равен нулю. Однако за счет, например, возможной неперпендикулярности обмоток O_1 и O_2 , наличия короткозамкнутых контуров, потоков рассеяния, емкостных связей обмоток появляется поперечная составляющая магнитного потока, приводящая к остаточному напряжению на обмотке.

При вращении ротора (рис. 1, б) в его элементарных проводниках наводится помимо трансформаторной ЭДС и ЭДС вращения. Под действием ЭДС вращения по ротору текут токи, контуры которых практически совпадают с осью потока Φ_1 . Такая ориентация контуров с током объясняется большим активным сопротивлением материала ротора. Токи, наведенные в роторе, создают поток $\Phi_{\Sigma\text{Р}}$, ось которого совпадает с осью генераторной обмотки и наводит в ней ЭДС с частотой сети.

Основные достоинства АТГ заключаются в их бесконтактности, высокой надежности, малой инерционности. Недостатки АТГ, ограничивающие область их применения, связаны с нелинейностью выходной характеристики, наличия остаточного напряжения, низкими массогабаритными показателями.

Тахогенераторы постоянного тока (ТГПТ). По принципу действия и конструкции не отличаются от обычных генераторов постоянного тока малой мощности с возбуждением от соответствующей обмотки (рис. 2, а) или от постоянных магнитов (рис. 2, б). Стабилизация тока в обмотке возбуждения достигается посредством ее питания от источника стабилизированного напряжения и применения температурной компенсации изменения сопротивления обмотки. Особенность работы тахогенератора состоит в том, что якорь обычно включен на постоянное сопротивление нагрузки $R_{\text{Н}}$.

Ток в цепи якоря можно определить следующим образом:

$$I = \frac{E}{R_{\text{В}} + R_{\text{Н}}} = \frac{c \cdot n \cdot \Phi_{\text{В}}}{R_{\text{В}} + R_{\text{Н}}}, \quad (1)$$

где $R_{\text{В}}$ – внутреннее сопротивление тахогенератора;

c – конструктивная постоянная генератора;

n – скорость вращения якоря;

$\Phi_{\text{В}}$ – поток возбуждения.

Выходное напряжение тахогенератора определяется следующим образом:

$$U_{\text{ВЫХ}} = I \cdot R_{\text{H}} = \frac{c \cdot \Phi_{\text{В}} \cdot R_{\text{H}}}{R_{\text{В}} + R_{\text{H}}} \cdot n = \frac{c \cdot \Phi_{\text{В}} \cdot R_{\text{H}} \cdot 30}{(R_{\text{В}} + R_{\text{H}}) \cdot \pi} \cdot \omega. \quad (2)$$

Величины, входящие в числитель и знаменатель дроби выражения (2), постоянны. Поэтому можно записать так:

$$U_{\text{ВЫХ}} = k \cdot \omega, \quad (3)$$

где ω – угловая частота вращения якоря, с^{-1} ;

k – коэффициент преобразования тахогенератора, который определяется следующим образом:

$$k = \frac{30 \cdot c \cdot \Phi_{\text{В}}}{\pi} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_{\text{В}}}{R_{\text{H}}}} \quad (4)$$

Уравнение (3), представляющее собой статическую характеристику тахогенератора, показывает, что напряжение на выходе тахогенератора пропорционально частоте вращения ω (рис. 2, в). Условие пропорциональности выполняется, если $\Phi_{\text{В}} = \text{const}$. Однако магнитный поток возбуждения может изменяться под действием реакции якоря.

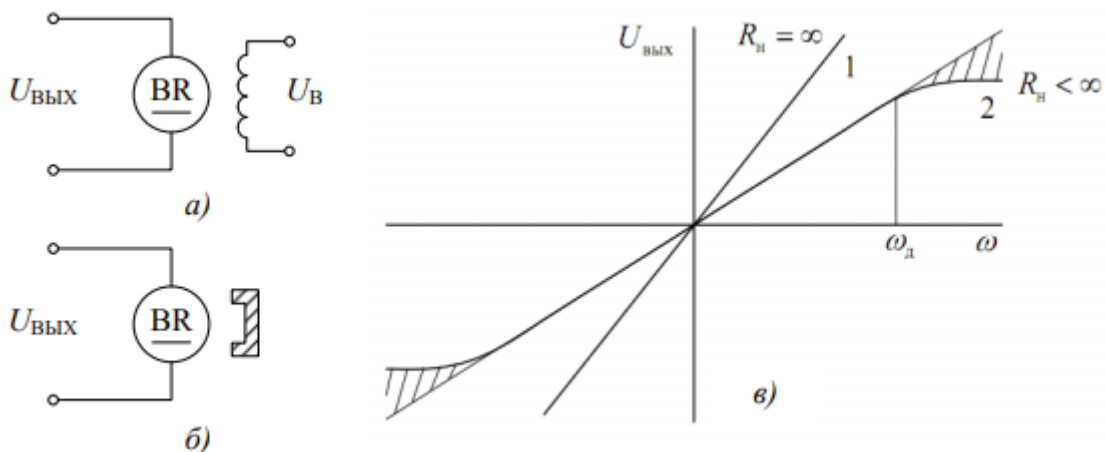


Рис. 2. Схемы включения (а, б) и выходная характеристика (в) ТГПТ

Если щетки расположены на нейтрали (рис. 3), то продольная составляющая реакции якоря (намагничивающая и размагничивающая) равна нулю. Поперечная же составляющая реакции якоря, искажая распределение индукции на поверхности якоря, изменяет величину магнитного потока лишь в том случае, если полюса и якорь находятся в стадии некоторого насыщения. Напряжение на выходе тахогенератора будет линейной функцией от скорости вращения, если щетки тахогенератора будут находиться на нейтрали; полюса и якорь не будут насыщены; ток нагрузки не превысит значений, при которых под сбегающим краем полюса возникло бы насыщение из-за действия поперечной составляющей реакции якоря.

На рис. 2, в приведена зависимость $U_{\text{вых}} = f(\omega)$ при холостом ходе $R_{\text{н}} = \infty$ (1) и при некоторой нагрузке $R_{\text{н}} < \infty$ (2). Отклонение характеристики 2 от линейного закона вызывается тем, что с увеличением скорости вращения возрастает ток якоря, поперечные ампер-витки якоря под сбегающим краем полюса все больше увеличивают индукцию, которая при $\omega > \omega_{\text{д}}$ достигает стадии насыщения, т. е. в дальнейшем изменяется не пропорционально ампер-виткам. Под набегающим же краем полюса происходит уменьшение индукции пропорционально ампер-виткам. В результате магнитный поток уменьшается, и характеристика 2 отклоняется от линейного закона. Таким образом, каждому заданному значению $R_{\text{н}}$ соответствует определенный диапазон скорости от нуля до $\omega_{\text{д}}$, в пределах которого напряжение является линейной функцией скорости вращения. Причем этот диапазон возрастает с увеличением сопротивления нагрузки, коэффициент преобразования тахогенератора (4) также при этом увеличивается.

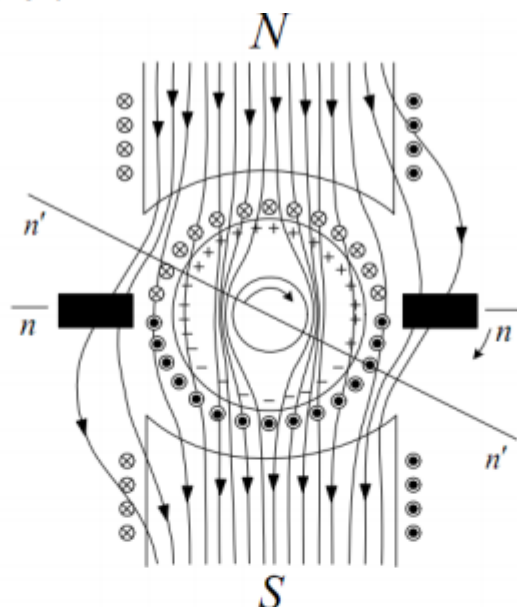


Рис. 3. К принципу действия ТГПТ

Тахогенераторы постоянного тока имеют по сравнению с АТГ ряд преимуществ: выходной сигнал на постоянном токе позволяет создавать простую схему управления; при изменении направления вращения меняется полярность сигнала, что является дополнительной информацией для схемы управления; меньше габариты и масса, проще схема компенсации температурной погрешности.

ТГПТ бывают коллекторными и бесконтактными с полупроводниковым коммутатором. Основной недостаток коллекторных машин неустойчивость параметров, связанная с изменением переходного сопротивления скользящей контактной пары при внешних воздействиях. Бес-

контактные ТГ имеют зону нечувствительности, повышенный уровень пульсаций и нелинейности выходного напряжения. Это связано с нелинейностью вольтамперной характеристики элементов коммутатора при микротоках.

Кроме ТГ перечисленных типов применяются синхронные и индукторные ТГ.

1.2. Оптические датчики скорости

Функциональная схема оптического датчика скорости приведена на рис. 4.

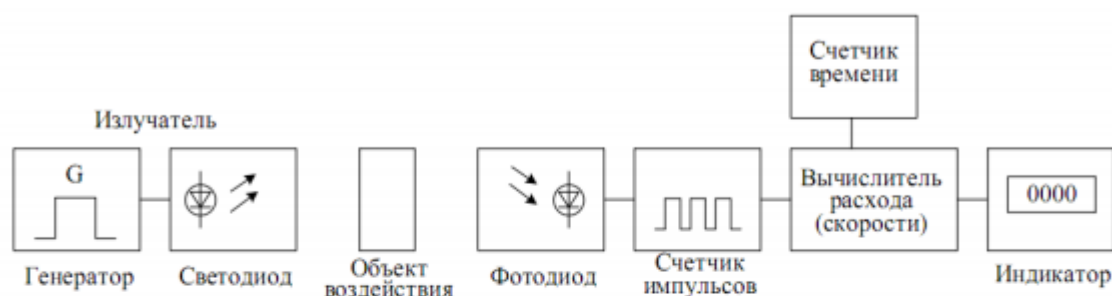


Рис. 4. Функциональная схема оптического датчика скорости

При подаче напряжения на излучатель начинается вырабатываться оптическое излучение, которое при отсутствии препятствий попадает на фототранзистор (фотодиод, фотосимистор и т. д.), и он открывается при периодическом прерывании луча оптического излучения. На выходе фототранзистора появляются электрические импульсы, которые поступают на счетчик импульсов. Счетчик импульсов во взаимодействии с вычислителем производит преобразование импульсов в выходной сигнал, пропорциональный скорости вращения производственного механизма.

В соответствии с ГОСТ Р 50030.5.2 оптические датчики классифицируются на три группы:

- **тип T** – с приемом прямого луча от излучателя;
- **тип R** – с приемом луча, возвращенного от отражателя;
- **тип D** – с приемом луча, рассеянно отраженного от объекта.

Тип T (рис. 5, а) характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в отдельных корпусах. Прямой оптический луч идет от излучателя к приемнику и может быть перекрыт объектом воздействия.

Тип R (рис. 5, б) характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в одном корпусе. Приемник принимает луч излучателя, отраженный от специального отражателя. При этом возможны два варианта использования этих изделий:

- объект воздействия прерывает луч при неподвижно закрепленном отражателе;
- отражатель закрепляется на подвижном объекте.

Тип D (рис. 5, в) характеризуется тем, что излучатель и приемник размещены в одном корпусе. Приемник принимает луч излучателя, рассеянно отраженный от объекта воздействия. Контролируемый объект может перемещаться как вдоль относительной оси, так и под углом к ней.

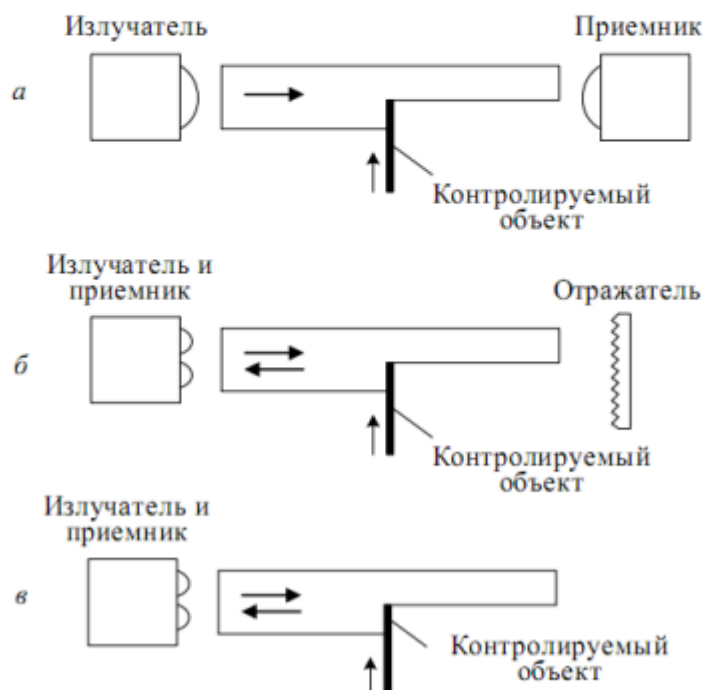


Рис. 5. Оптические датчики скорости: а – тип Т, б – тип R, в – тип D

2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. При выполнении работы используется блок испытания датчика скорости вращения А5 (408), показанный на рис. 6.

2.2. В блоке А5 установлен **электродвигатель постоянного тока** (1) с номинальным напряжением 24 В и номинальной скоростью 8000 об/мин в одном корпусе с тахогенератором.

2.3. На валу двигателя закреплен кодирующий **диск оптического энкодера** (2) с 12 зубцами. Зубцы перекрывают световой поток (2) оптрона (3). Так как оптроны расположены на некотором расстоянии, сигналы на их выходах (6) появляются не одновременно, и очередность их появления зависит от направления вращения вала двигателя. Это позволяет определять не только скорость, но и направление вращения двигателя.

2.4. Схема электрическая соединений при исследовании датчиков скорости вращения показана на рис. 7, б. На гнезда питания двигателя (4, рис. 6) подается регулируемое постоянное напряжение с выхода источника питания А1 (216.1). Напряжение на выходе тахогенератора (5) измеряется одним из мультиметров блока А3.

2.5. Оптроны энкодера питаются от источника +5 В блока А2 (соединены гнезда «+5 В» и «0 В» блоков А5 и А2). Частота импульсов на выходе оптрона А измеряется счетчиком импульсов (вход 1, блок А2), работающим в режиме измерения частоты. Так как кодирующий диск имеет 12 зубцов, частота сигнала на выходах оптронов превышает число оборотов вала двигателя в секунду в 12 раз.

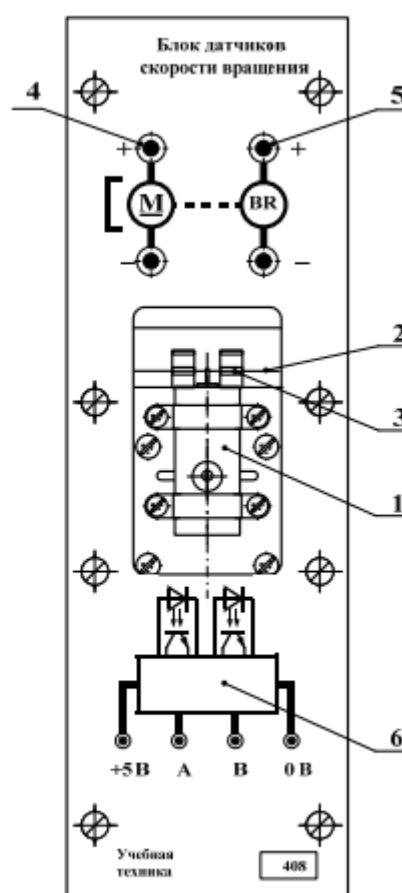


Рис. 6. Блок испытания датчиков скорости вращения

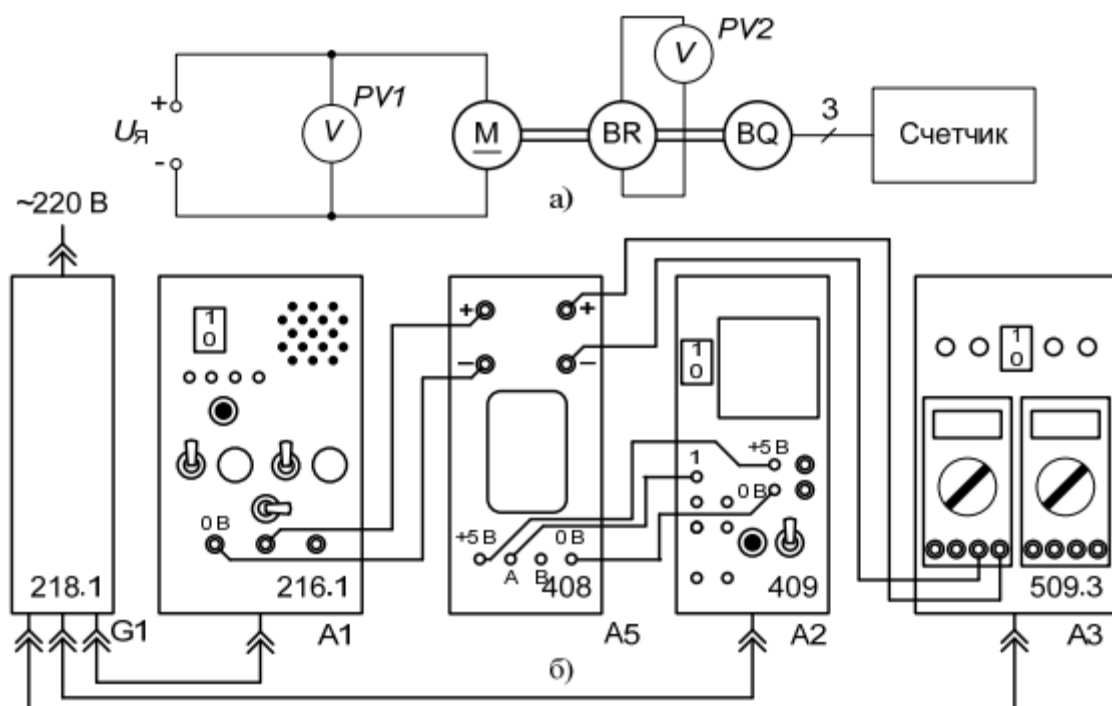


Рис. 7. Схема соединений при исследовании датчиков скорости

2.6. Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блоков A1, A2, A3.

2.7. Описание счетчика импульсов СИ8

Универсальный программируемый восьмиразрядный счетчик импульсов СИ8 предназначен для подсчета:

- количества поступающих на его входы импульсов и перевода результата в физическую величину (путем умножения на заданный множитель);
- частоты и длительности поступающих на его входы импульсов;
- среднего и суммарного расхода (скорости) совместно с импульсным датчиком.

Функциональная схема прибора приведена на рис. 8. Прибор имеет три входа для подключения внешних управляющих устройств, которые через селектор входов подаются на входы блока обработки данных.

Блок обработки данных содержит реверсивный счетчик импульсов с предделителем на входе и умножителем на выходе, счетчик времени и вычислитель среднего расхода, а также два логических устройства, которые по заданному пользователем алгоритму формируют сигналы управления выходными устройствами.

Прибор имеет три входа для подключения внешних управляющих сигналов. К входам могут быть подключены:

- контакты кнопок, выключателей, герконов, реле и т. п.;
- активные датчики, имеющие на выходе транзистор n-p-n-типа с открытым коллекторным выходом;
- другие типы датчиков с выходным напряжением высокого уровня +2,4...+30 В и низкого уровня 0...0,8 В. Выходной ток при напряжении низкого уровня не превышает 15 мА.

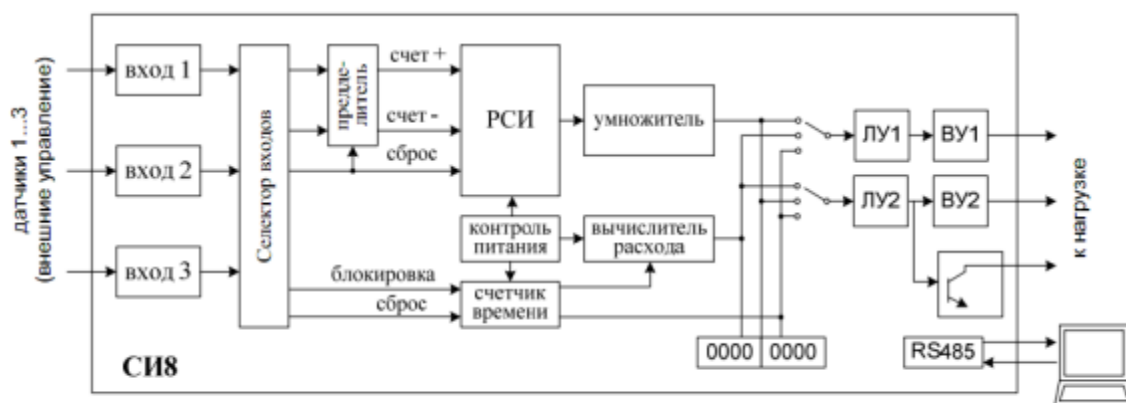


Рис. 8. Функциональная схема счетчика СИ8

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

3.1. При отключенном питании соберите схему рис. 7.

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

Установите переключатели источника питания A1 в положение «Постоянное напряжение», диапазон «20 В/0,5 А».

Подключите блоки A1, A2, A3, A5 к сети.

3.3. Измерение частоты импульсов на выходе оптрона с интервалом счета 1 с.

3.3.1. Сконфигурируйте блок счетчика импульсов A2 (409) следующим образом:

В группе **GrouP_b** проверить необходимые установки:
начальное состояние счетчика Strt=0,
нижняя граница счета FinL =-9999999,
верхняя граница счета FinH =9999999.

В группе **GrouP_C** установить:
делитель P =1; множитель F =1; время счета ti =1;
inp =2 (суммирующий счетчик импульсов);
ind =2 (вывод на индикатор частоты импульсов);

Проверить установки смещение di =0, фильтр tc =0, Ftt =0, init =1.

3.3.2. Снять зависимости $U_{BR}=f(U_{BX})$, $N_{\text{имп}}=f(U_{BX})$ при изменении напряжения питания двигателя в интервале -20...+20 В.

Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

$U_{\text{я}}, \text{В}$	-20	-15	-10	-5	-1	0	1	5	10	15	20
$U_{BR}, \text{В}$											
$U_{BRt}, \text{В}$											
$\delta, \%$											
$N, \text{имп/с}$											
$n, \text{об/мин}$											

Практическая работа № 28

Исследование характеристик при измерении частоты вращения

Цель работы: изучение принципов работы основных видов датчиков измеряющих частоту вращения.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Понятие «частота вращения».
 - b. Единицы измерения частоты вращения.
 - c. Типы датчиков применяемых для измерения частоты вращения (назначение, принцип работы).
 - d. Опишите методы измерения частоты вращения.

Частотам - физическая величина, характеристика периодического процесса, равна

количеству повторений или возникновения событий (процессов) в единицу времени. Рассчитывается, как отношение количества повторений или возникновения событий (процессов) к промежутку времени, за которое они совершены. Стандартные обозначения в формулах -- n , f или F .

Единицей измерения частоты в Международной системе единиц (СИ) является герц (русское обозначение: Гц; международное: Hz), названный в честь немецкого физика Генриха Герца.

Частота обратно пропорциональна периоду колебаний: $n = 1/T$.

Частота вращения -- это физическая величина, равная числу полных оборотов за единицу времени. Единица частоты вращения -- секунда в минус первой степени (s^{-1} , s^{-1}), оборот в секунду. Часто используются такие единицы, как оборот в минуту, оборот в час и т. д.

Датчик -- преобразователь сигнала полного оборота или его части имеет две составляющие, одна из которых крепится на вращающейся детали, а другая -- на неподвижной. Датчики-преобразователи, применяемые при измерениях вращательного движения, бывают индуктивные, индукционные, емкостные, фотоэлектрические, механические и др.

Для измерения частоты вращения применяются и фотодатчики. Фотодатчики при малых размерах и нечувствительности к магнитным полям могут устанавливаться близко друг к другу по всей окружности, что позволяет измерять не только частоту, но и скорость вращения в конкретный промежуток времени.

Датчик состоит из источника света (светодиода) и приемника света (фотодиода), сопротивление R которого меняется в зависимости от освещенности. Освещенность фотодиода меняется при перекрытии вращающимся объектом (в данном случае закрепленным на валу флажком) светового луча.

К недостаткам фотодатчиков относится зависимость сопротивления фотодиода не только от степени освещенности, но и от температуры окружающей среды. Поэтому повышение температуры окружающей среды при проведении испытаний часто приводит к сбою в работе приборов измерения, в которых в качестве преобразователей сигнала используется фотодатчик.

Для определения частоты вращения применяются и другие средства измерения. Например, частоту вращения коленчатого вала можно замерить ручным центробежным механическим тахометром, погрешность которого составляет 1...8 %. Однако в связи с большой погрешностью и опасностью проведения измерений при испытаниях дизелей они почти не применяются. Не используются сейчас и стробоскопические тахометры в связи с высокой вероятностью ошибки при неподвижном изображении метки на вращающемся объекте.

На смену световым стробоскопическим тахометрам пришли современные радиоволновые тахометры. Радиоволновой тахометр работает по принципу радара, луч которого направляется на объект измерения и, отражаясь, например, от лопаток турбины, фиксирует частоту вращения ротора с учетом числа лопаток.

Методы измерения частоты вращения

В настоящее время используются средства измерения, оценивающие частоту вращения объекта относительно неподвижной оси за конкретный промежуток времени.

Вращательное движение широко используется в технике (всевозможные валы двигателей, турбин и передаточных механизмов). Равномерное вращательное движение обладает повторяемостью во времени и по этому свойству близко периодическим колебательным процессам, которые также широко распространены. Необходимость контролировать состояния технических устройств привела к развитию различных методов измерения частот и скоростей вращающихся тел и частотных характеристик колебательных систем.

Угловые частоты и скорости вращения чаще всего определяют косвенно - путем использования тех или иных преобразователей механической величины в электрическую. Угловые скорости вращения можно измерять при помощи абсолютного метода, определив полное число оборотов вала в течение соответствующего промежутка времени, а также при помощи измерительных средств, позволяющих применить метод сравнения числа оборотов испытываемого вала с известной частотой какого-либо устойчивого и независимого периодического процесса.

Большинство тахометров имеют приводной вал, воспринимающий вращательное движение от испытываемого устройства, или дистанционный электрический датчик.

При помощи тахометра обычно измеряют среднюю скорость вращения, постоянную в заданном промежутке времени. Угловая скорость вращения, которая в технике измеряется числом оборотов в минуту, очень просто связана с частотой вращения (ω) (синхронная частота вращения: $n=60 f$ или f).

Современные технические устройства охватывают диапазон вращения механических деталей примерно до ≈ 200000 об/мин. Электрические приборы измерения скоростей вращения можно разделить на две основные группы:

а) приборы, измеряющие электрическое напряжение того или иного датчика, пропорционально угловым скоростям, т.е. $u \propto \omega$;

б) приборы, измеряющие частоту переменного тока в датчике, пропорциональную измеряемой угловой скорости, т.е. $f \propto \omega$.

Наибольшая точность измерения (до 0,001 %) может быть достигнута при использовании быстродействующих электронно-счетных схем. Принятый в этих приборах частотный метод измерения исключает возможность внесения дополнительных погрешностей датчиком и линией передачи, т.к. частота сигнала определяется лишь угловой скоростью вращения и конструкцией задающего элемента датчика. При этом датчики оборотов могут использовать различные физические принципы - существуют датчики индукционные, фотоэлектрические, емкостные, индуктивные, радиоактивные и т.д.

2.1 Тахометры

Приборы для измерения частоты вращения вала (угловой скорости) называются тахометрами. Тахометры, снабженные регистрирующим (записывающим) устройством, - называются тахографами. Приборы суммирующие число оборотов вала - называются счетчиками.

В зависимости от места установки тахометра и способа применения тахометры подразделяют на стационарные, дистанционные и ручные.

По принципу действия, различают механические (центробежные), магнитные, магнитно-индукционные, электрические и электронные тахометры.

2.1.1 Механический тахометр

Принцип действия механических тахометров основан на использовании центробежных сил, пропорциональных квадрату угловой скорости, действующих на центробежные расходящиеся грузы (наклонное кольцо), находящиеся на валу и вращающиеся вместе с ним вокруг оси, (рис. 2, а). Чувствительным элементом является кольцо 1 на оси 2, проходящей через приводной валик 3. Кольцо нагружено спиральной пружиной 4 и связано тягой 5 с подвижной муфтой 6. При вращении валика кольцо стремится занять положение, перпендикулярное к оси вращения. Муфта через промежуточное кольцо 9 и зубчатую рейку 7 входит в зацепление с

шестерней 10, на оси которой закреплена стрелка 8, движущаяся вдоль шкалы прибора (градуирована в об/мин.). Тахометр закреплен неподвижно, а вал 3 приводится во вращение через передачу от вала двигателя.

При установившемся режиме центробежная сила, действующая на вращающееся кольцо 1, уравнивается силой действия спиральной пружины, и стрелка тахометра неподвижна. При изменении частоты вращения вала равновесие сил нарушается, вызывая разворот кольца относительно оси 2 на угол β и соответствующий разворот стрелки 8 прибора. Механические центробежные измерительные приборы обладают нелинейной статической характеристикой, поэтому их шкала неравномерная.

Периодический контроль частоты вращения и проверку стационарных тахометров производят механическим центробежным ручным тахометром, прижимая наконечник 1 к торцу вращающегося вала. В корпус 2 встроен редуктор с переключающим устройством, позволяющий менять передаточное отношение от наконечника 1 к чувствительному элементу для измерения в пяти диапазонах частоты вращения от 25 до 10000 об/мин. Переключают редуктор и устанавливают указатель 3 путем перемещения вдоль оси наконечника приводного вала при нажатой кнопке 4. В зависимости от установленного диапазона частоты вращения показания прибора определяют по одной из двух шкал.

К преимуществам механических тахометров относится высокая точность показаний, а к недостаткам - невозможность дистанционного отсчета.

2.1.2 Магнитоиндукционные тахометры

Магнитоиндукционный тахометр имеет равномерную шкалу. В тахометре (рис. 3.) вращение от приводного вала 1 через конические шестерни и вал 2 передается ротору с постоянными магнитами 3, между которыми на оси 10 находится алюминиевый диск 4.

Под действием вращающегося поля магнитов в диске индуцируется электрический ток, создающий свое магнитное поле. Сила взаимодействия магнитных полей уравнивается силой действия волосковой пружины 5, один конец которой закреплен на оси 10, а другой - в корпусе прибора.

Пропорционально частоте вращения приводного вала 1 изменяются действующие силы, разворот диска 4, оси 10 и жестко связанной с ней стрелки 7 вдоль шкалы 8.

В прибор вмонтирован магнитоиндукционный успокоитель, состоящий из алюминиевого диска 9, закрепленного на валу 10, и неподвижной системы с постоянными магнитами 6. При движении в диске 9 индуцируется ток и создается магнитное поле, взаимодействующее с полем постоянных магнитов. А так как сила взаимодействия этих полей направлена в сторону, противоположную движению диска, то происходит торможение колебаний стрелки прибора.

2.1.3 Дистанционные магнитоиндукционные тахометры

Дистанционное измерение частоты вращения основано на принципе электрической дистанционной передачи вращения вала двигателя валу магнитно-индукционного измерительного узла измерителя и преобразования частоты вращения вала в угловые перемещения стрелки измерителя.

Рис. 2.3 Дистанционный магнитоиндукционный тахометр

Тахометр работает следующим образом (рис. 4): в обмотке статора 11 датчика при

вращении ротора 15 возбуждается трехфазовый ток с частотой, пропорциональной частоте вращения вала двигателя. Ток по трем проводам приводится к обмотке статора 12 синхронного серводвигателя.

Частота вращения магнитного поля статора измерителя пропорциональна частоте токов в обмотках фазы. Ротор двигателя измерителя вращается с частотой, синхронной вращению магнитного поля статора. На конце вала ротора двигателя укреплен магнитный узел 2 с шестью парами постоянных магнитов, между полюсами которых расположен чувствительный элемент 8. При вращении магнитного узла в чувствительном элементе индуцируются вихревые токи. В результате взаимодействия вихревых токов с магнитным полем магнитного узла создается вращающий момент чувствительного элемента. Вращающему моменту чувствительного элемента противодействует спиральная пружина 7, - один конец которой укреплен на оси чувствительного элемента, другой - неподвижен. Так как момент спиральной пружины пропорционален углу ее закручивания, то угол поворота чувствительного элемента пропорционален частоте вращения магнитного узла, и соответствует частоте вращения вала двигателя. На другом конце оси чувствительного элемента укреплена стрелка 5, показывающая по равномерной шкале 4 измерителя частоту вращения вала двигателя.

Для повышения устойчивости стрелки и улучшения отсчета показаний прибора применено демпфирование подвижной системы измерителя. При движении подвижной системы магнитный поток магнита 6 наводит в алюминиевом диске 3 вихревые токи, которые взаимодействуют с магнитным полем магнитов, и в подвижной системе возникает тормозящий момент. Ротор состоит из двух постоянных магнитов 13 и трех гистерезисных дисков 14, соединенных вместе. Взаимодействие ротора с магнитным полем статора - определяется взаимодействием магнитных полей постоянных магнитов статора и гистерезисных дисков.

2.1.4 Электрические тахометры

Электрические тахометры служат для дистанционного контроля направления и частоты вращения валов в диапазоне до 1500 об/мин. Датчиками в них служат тахогенераторы - миниатюрные генераторы переменного или постоянного тока, вырабатывающие напряжение, пропорциональное частоте вращения вала. Указателями являются магнитоэлектрические вольтметры со шкалой, градуированной в единицах частоты вращения.

В тахометре (рис. 5, а) тахогенератор 3 постоянного тока, приводимый во вращение от вала через цепной привод 2, является датчиком частоты вращения вала 1. К нему может быть подключено до восьми указателей - вольтметров 4 постоянного тока, размещенных по судну. Передаточное отношение от вала 1 к датчику определяется соотношением числа зубьев звездочек цепного привода и должно быть таким, чтобы номинальные частоты вращения вала и якоря датчика совпадали. Если при номинальной частоте вращения вала напряжение, вырабатываемое датчиком, не равно $(30 \pm 0,1)$ В, то необходимо корректировать положение магнитного шунта. При правом и левом вращении якоря с номинальной частотой разность напряжений не должна превышать 0,1 В. В противном случае, необходимо корректировать нейтральное положение траверсы щеткодержателей.

В электрическом генераторе переменного тока 5 ротором является постоянный магнит 7, установленный неподвижно на валу, а статором - стальные неподвижные полосы 6. Тахогенераторы постоянного тока вместо обмоток возбуждения имеют постоянные магниты. В результате большого количества ламелей коллектора и особых форм вырезов канавок вырабатывается постоянное напряжение с небольшими пульсациями, которое пропорционально частоте вращения. Преимущество датчиков постоянного тока - получение поляризованного

напряжения, т. е. одновременно определяется и направление вращения; недостаток - сбои в работе коллектора. Передача от вала должна быть без скольжения (шестеренчатая, цепная). В тахогенераторах переменного тока это возможно только при наличии двух обмоток со сдвигом фаз 90° . Переменное напряжение должно быть выпрямлено в мостиковой схеме. Разность напряжений обоих гальванически разделенных контуров измеряется прибором с двумя поворотными катушками. Напряжение на выводах тахогенератора зависит от количества подключенных показывающих приборов. Поэтому в корпусе тахогенератора устанавливается нагрузочный резистор, который можно включать или выключать.

2.2 Стробоскоп и фотостроботахометр

Стробоскоп -- прибор, предназначенный для наблюдения за быстропротекающими процессами в реальном времени. В простейшем случае стробоскоп представляет собой устройство, формирующее частые короткие световые вспышки, с помощью которых и достигается стробоскопический эффект.

Стробоскопический эффект сводится к следующему. Если на какое либо движущееся (в том числе и вращающееся) тело направить короткие и частые вспышки света, то для нашего глаза тело как бы «замрет» -- мы будем видеть не плавное движение, а прерывистое, состоящее из множества статичных «картинок».

Если с помощью стробоскопа наблюдать повторяющееся движение -- например, метку на вращающемся шкиве или маховике двигателя, то при определенных частотах вспышек (частота вспышек должна быть кратна частоте вращения шкива) метка для нашего глаза замрет на одном месте, и именно благодаря этому эффекту существует возможность регулировки опережения зажигания.

В современном стробоскопе яркие и короткие световые импульсы создаются специальными безынерционными ксеноновыми лампами (обычные лампы накаливания зажигаются и гаснут медленно, и даже при частоте тока 50 Гц колебания их яркости уже незаметны нашему глазу, поэтому они непригодны для работы в стробоскопе), которые управляются электронным блоком. Однако ресурс ксеноновой лампы, работающей в таком режиме, ограничен, поэтому ее необходимо периодически заменять.

Сейчас рынок предлагает не просто стробоскопы, а приборы с массой дополнительных функций. В частности, цифровые стробоскопы могут измерять опережение зажигания в бензиновых двигателях и момент впрыска топлива в дизельных, измерять частоту вращения коленчатого вала, напряжение в бортовой сети и другие параметры. И все измеренные характеристики выводятся на встроенный экран, что значительно упрощает применение прибора.

Также стробоскопы комплектуются целым набором зажимов и датчиков для проведения измерений на различных типах двигателей. Все это делает стробоскоп универсальным прибором, который могут применять и профессионалы, и рядовые автолюбители.

Использование специального прибора -- стробоскопа -- является одним из исторически ранних методов измерения частоты вращения или вибрации различных объектов. В процессе измерения задействуется стробоскопический источник света (как правило, яркая лампа, периодически дающая короткие световые вспышки), частота работы которого подстраивается при помощи предварительно откалиброванной хронизирующей цепи. Источник света направляется на вращающийся объект, а затем частота вспышек постепенно изменяется. Когда частота вспышек уравнивается с частотой вращения или вибрации объекта, последний успевает совершить полный колебательный цикл и вернуться в изначальное положение в промежутке между двумя вспышками, так что при освещении стробоскопической лампой этот объект будет

казаться неподвижным. У данного метода, впрочем, есть недостаток: если частота вращения объекта (x) не равна частоте строба (y), но пропорциональна ей с целочисленным коэффициентом ($2x$, $3x$ и т. п.), то объект при освещении все равно будет выглядеть неподвижным.

Стробоскопический метод используется также для точной настройки частоты вращения (колебаний). В этом случае частота вспышек фиксирована, а изменяется частота периодического движения объекта до тех пор, пока он не начинает казаться неподвижным.

Стробоскопический способ измерения скоростей вращения не требует механического контакта при измерении скоростей вращения. Стробоскопический эффект заключается в кажущейся неподвижности вращающихся деталей объекта наблюдений в случае, если частота периодических «вспышек» освещения совпадает или кратна частоте вращения, т.е.

$k \cdot f_{\text{св.имп.}}$

где k - коэффициент кратности;

- частота измеряемого вращения (число оборотов) объекта;

св.имп. - частота следования световых импульсов.

В работе используется школьный стробоскоп и цифровой фотостроботахметр.

частота вращения вала стробоскопа

Фототахометр-стробоскоп АТТ-6002 совмещает в себе функции цифрового фототахометра и цифрового стробоскопа и предназначен для измерения частоты вращения частей двигателя, турбин и других объектов бесконтактным способом, а также линейной скорости перемещения деталей в процессах наладки, ремонта механизмов и лабораторных исследованиях.

Принцип действия в режиме фототахометра основан на облучении светом вращающегося предмета и приеме датчиком фотоэлемента светового сигнала от вращающегося вместе с предметом предварительно наклеенного на него светоотражающего маркера.

Описание органов управления фототахометра-стробоскопа АТТ-6002.

- 1.Светоотражающая метка
- 2.Световой луч тахометра
- 3.Индикатор цели
- 4.Дисплей
- 5.Кнопка включения измерений
- 6.Кнопка считывания показаний из памяти
- 7.Регулятор плавной настройки
- 8.Регулятор грубой настройки
- 9.Переключатель диапазонов и режимов работы
- 10.Световой луч стробоскопа
- 11.Винты крепления крышки батарейного отсека
- 12.Крышка батарейного отсека

Если измеряемое значение частоты вращения очень мало (например, ниже 50 об/мин), то рекомендуется приклеить на ротор большее количество светоотражающих меток, размещая их приблизительно на равном расстоянии друг от друга. Это позволит получить значение частоты

вращения с большей точностью и разрешением при меньшем времени измерения. Для получения действительного значения скорости необходимо значение скорости, полученное на дисплее, разделить на количество наклеенных меток.

2.3 Цифровой частотомер

Частотомер АСН-2500

Назначение

Частотомер АСН-2500 предназначен для измерения частоты синусоидальных сигналов и измерения периода синусоидальных сигналов.

Условия эксплуатации

- 1.Питающие и входные напряжения, температура хранения и эксплуатации в соответствии с общим разделом технических характеристик.
- 2.Относительная влажность не более 90% при температуре 25°C.
- 3.Атмосферное давление от 495 до 795 мм рт. ст.
- 4.В помещениях хранения и эксплуатации не должно быть пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию.
- 5.Не допускаются падения и вибрация.
- 6.После пребывания в предельных условиях (хранения, транспортировки) время выдержки прибора в нормальных (эксплуатационных) условиях не менее 2-х часов.

Технические характеристики

Описание органов управления частотомера АСН-2500.

- 1.Индикатор.
- 2.Индикатор времени пропускания сигнала.
- 3.Гнездо для подключения адаптера питания напряжением 9 В.
- 4.Кнопка включения питания.
- 5.Кнопка выключения питания.
- 6.Кнопка включения режима фиксации (удержания) данных.
- 7.Кнопка включения режима относительных измерений.
- 8.Кнопка выбора разрешающей способности.
- 9.Кнопка включения режима регистрации информации в памяти.
- 10.Кнопка вызова данных из памяти.
- 11.Селектор выбора диапазона.
- 12.Селектор выбора времени пропускания сигнала.
- 13.Селектор выбора чувствительности на частоте 10 МГц.
- 14.Вход А (частота до 2500 МГц).
- 15.Вход В (частота до 100 МГц).
- 16.Вход С (частота до 10 МГц).
- 17.Крышка отсека батареи питания.

Автовыключение питания

Частотомер автоматически выключается, если в течение 30 минут не было ни одного переключения органов управления и изменение измеряемой величины не превышало 10 единиц.

2.4 Счетчики оборотов

Для суммирования числа оборотов вала двигателя или механизма применяют специальные счетчики оборотов.

На валу 9 жестко закреплены храповое колесо 5 и цифровой барабан 7, а цифровые барабаны 6 свободно насажены на вал.

Барабаны кинематически соединены между собой так, что при полном обороте каждого из них соседний слева разворачивается на $1/10$ оборота. На каждый барабан нанесены цифры от 0 до 9. Таким образом обеспечивается десятичная система отсчета. Число читается в рамке прибора 8. Колесо 5 входит в зацепление с храповиком 3, который в одну сторону перемещается под действием пружины 4, а в другую - якорем 2 электромагнитной катушки 1. Катушка получает питание U_n от сети через герметичные контакты выключателя 13. В выключателе на пластинчатой пружине с контактом закреплен постоянный магнит 12. Выключатель крепится к корпусу двигателя таким образом, чтобы между якорем 12 и стальным штифтом 10 вала 11 был установлен зазор, обеспечивающий притягивание якоря и замыкание цепи питания катушки 1.

Широко распространены магнитоуправляемые контакты (герконы). Прибор представляет собой две тонкие пермалюевые пластины с небольшим зазором между концами, впаянные в стеклянную колбу, из которой выкачан воздух (в некоторых приборах колбу заполняют инертным газом). При появлении вблизи геркона магнитного поля постоянного или электрического магнита происходит взаимное притягивание (прогиб) пластин и замыкание контактов. Постоянный магнит крепится на вращающемся валу 11 вместо штифта 10.

При каждом обороте вала независимо от направления его вращения катушка 1, получив питание, втягивает якорь 2 и смещает храповик 3 на один зуб колеса 5. При обесточивании катушки храповик под действием пружины 4 смещается в первоначальное положение, разворачивает колесо 5, вал 9 и барабан 7 на $1/10$ оборота, что приводит к изменению показаний счетчика на одну единицу. Через один оборот барабана 7 соседний барабан 6 разворачивается на $1/10$ оборота, отсчитав 10 оборотов вала 11, и т. д.

Практическая работа № 29

Определение расхода, скорости движения жидкости, гидростатического давления

Цель работы: изучение принципов определения расхода, скорости движения жидкости, гидростатического давления.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Опишите уравнения равномерного движения жидкости.
 - b. Опишите процесс равномерного движения жидкости в трубе.
 - c. Опишите основные характеристики жидкости потока.

Уравнение равномерного движения устанавливает зависимость между силами сопротивления и потерями напора по длине потока.

Рассмотрим равномерное движение жидкости в трубе на участке длиной L (рис. 1).

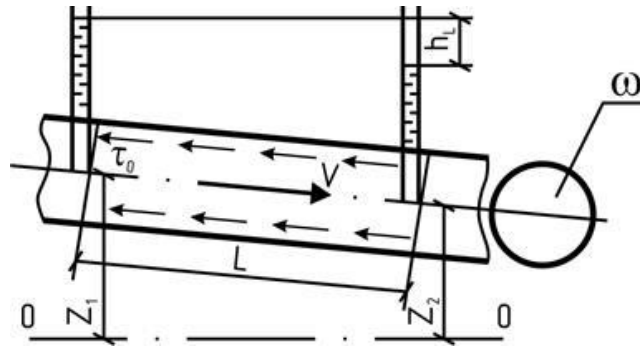


Рисунок 1.

Обозначим τ_0 – сила трения на единице площади поверхности соприкосновения потока со стенками.

Тогда по всей поверхности выделенного участка сила трения определится

$$T = \tau_0 \chi L$$

В единицу времени эта сила производит работу

$$TV = \tau_0 \chi LV$$

По закону сохранения энергии работа сил трения на поверхности соприкосновения равна энергии, затрачиваемой потоком на преодоление трения на рассматриваемом участке,

$$\mathcal{E} = h_L \gamma \omega V$$

$$\tau_0 \chi LV = h_L \gamma \omega V \text{ или } \frac{\tau_0}{\gamma} = \frac{h_L \omega}{L \chi} ; \frac{h_L}{L} = i; \frac{\omega}{\chi} = R$$

$$\frac{\tau_0}{\gamma} = iR$$

– основное уравнение равномерного движения.

Основные характеристики потока жидкости

Поток жидкости. Под потоком жидкости подразумевается движение безразмерного множества отдельных частиц, которые движутся по своим траекториям. Как и в гидростатике, основной искомой величиной является величина гидростатического давления, а также значения скорости, расхода и т.п. при условии движения всех частиц жидкости.

Скорость течения потока. Под скоростью движения потока жидкости подразумевается суммарное передвижение всех частиц потока в одном направлении. В связи представлением о скорости потока необходимо ввести ряд определений скорости.

Локальная скорость течения. Локальной скоростью движения жидкости является скорость движения безразмерно малой частицы жидкости.

Средней скоростью течения. Под средней скоростью движения потока жидкости подразумевается суммарное передвижение всех частиц потока в одном направлении, проходящее через площадку перпендикулярную векторам скорости. Локальная и средняя скорость движения потока жидкости связаны выражением:

$$V_{cp} = \frac{\int V_i d\omega}{\omega}$$

где V_i - локальная скорость; ω - площадь поперечного сечения движению потока.

Установившийся (стационарный) поток движение жидкости. Установившимся потоком движение жидкости является поток, скорость в котором не зависит от времени рис 2.

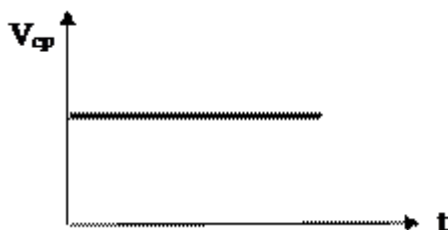


Рисунок 2.

Переменный, установившийся (квазистационарный) поток движения жидкости. Квазистационарным установившимся потоком движения жидкости является поток, скорость в котором меняется в установленном порядке от времени, рис 3.

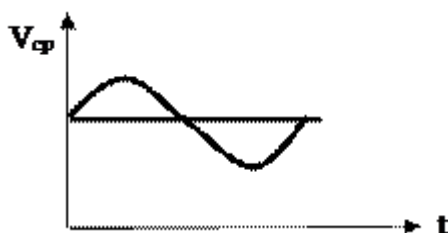


Рисунок 3.

Неустановившийся (нестационарный) поток движение жидкости. Неустановившимся потоком движение жидкости является поток, скорость в котором зависит только от времени, рис 4.



Рисунок 4.

Практическая работа № 30

Расчет трубопроводов, подбор по ГОСТу

Цель работы: изучение принципов расчета трубопроводов.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Возьмите данные из ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах и сделайте расчет своего трубопровода.

Расчет стальных труб наружных сетей водоснабжения и водоотведения.

Расчет трубопровода.

Требуется: выбрать марку, группу и категорию стали и определить толщину стенки стального водовода диаметром 900 мм ($d_e=0,92$ м) для следующих условий строительства и эксплуатации:

- расчетное внутреннее давление $p=2,5$ МПа,
- глубина заложения (до верха трубы) $h=3$ м,
- по степени ответственности водовод относится к 1 классу,
- прокладка в траншее с откосами 1:1,5 с шириной по дну 1,4 м на плоском грунтовом основании с нормальной степенью уплотнения грунтов засыпки,
- грунты: гравелистые пески средней крупности (Гэ- I) с нормативным удельным весом $\gamma_n=16,7$ кН/м³ и модулем деформации $E=7$ МПа,
- расчетная транспортная нагрузка НГ-60,
- расчетная температура наружного воздуха в районе строительства $t_e=-18^\circ\text{C}$,
- на водоводе установлена противовакуумная аппаратура.

1. Определение внешних нагрузок

Расчетная приведенная внешняя нагрузка от давления грунта в траншее определяется меньшим значением из двух формул:

$$F = \gamma_f \gamma_n h b \alpha_1 \psi \eta \beta,$$

$$F = \gamma_f \gamma_n h d_e \alpha_2 \eta \beta$$

$$b \alpha_1 \psi \text{ и } d_e \alpha_2$$

Выбор формул производится сравнением значений

где: $b=1,4+2 \cdot 1,5 \cdot 0,92=4,16$ м,

$\alpha_1=0,934$ (по табл. "Коэффициент α_1 для грунтов засыпки" для $h/bm=3/8,31=0,36$),

$$\psi = \frac{1}{1 + 2 \frac{B}{B_t} \cdot \frac{b - d_e}{k d_e}} \quad B=0,125E=0,125 \cdot 7=0,875 \text{ МПа, } k=1,$$

Подсчитаем значения B_t и ψ для различных t :

$t=10$ мм (0,01м): $B_t=0,593$ МПа, $\psi=0,088$;

$t=9$ мм: $B_t=0,432$ МПа,

$t=8$ мм: $B_t=0,303$ МПа, $\psi=0,047$;

$t=7$ мм: $B_t=0,203$ МПа,

$t=6$ мм: $B_t=0,128$ МПа, $\psi=0,02$.

$$\frac{d_e}{b} = \frac{0,92}{4,16} = 0,221$$

Так как все значения ψ меньше, чем $\frac{d_e}{b}$, то принимаем $\psi=0,221$. А так как $B_t < B$, то $\alpha_2=1$.

$$b\alpha_1\psi = 4,16 \cdot 0,934 \cdot 0,221 = 0,86;$$

$$d_e\alpha_2 = 1 \cdot 0,92 = 0,92$$

Вычисляем:

$$b\alpha_1\psi < d_e\alpha_2$$

Поскольку $b\alpha_1\psi < d_e\alpha_2$, то нагрузку определяем по первой формуле, принимая $\gamma_f=1,15$, $\gamma_n=16,7$ МПа, $\eta=0,95$ (табл. «Коэффициенты λ_1 , λ_2 , η для расчета трубопроводов» для Гэ-I), $\beta=0,75$ (табл. «Коэффициент приведения β для нагрузок при расчете трубопровода» для плоского основания):

$$F = 1,15 \cdot 16,7 \cdot 3 \cdot 4,16 \cdot 0,934 \cdot 0,221 \cdot 0,95 \cdot 0,75 = 35,25 \text{ кН/м}$$

Расчетную приведенную нагрузку от временной гусеничной нагрузки НГ-60 определяем по

$$F = \gamma_f v_n \mu_e \alpha_2 \eta \beta$$

формуле: $F = \gamma_f v_n \mu_e \alpha_2 \eta \beta$, где: $\gamma_f=1$, $v_n=14,5$ кН/м (по табл. "Нормативное равномерно распределённое давление v_n от транспортных нагрузок" для $h=3$ м), $\mu=1$ (по табл. «Динамический коэффициент подвижной нагрузки μ при расчете трубопровода»).

$$F = 1 \cdot 14,5 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,75 = 9,5 \text{ кН/м.}$$

Тогда

$$F = 0,785 \cdot \gamma_{wn} d_i^2 \eta \beta,$$

Нагрузка от веса транспортируемой жидкости: $F = 0,785 \cdot \gamma_{wn} d_i^2 \eta \beta$, где: $\beta=0,6$ (табл. «Коэффициент приведения β для нагрузок при расчете трубопровода»).

$$F = 0,785 \cdot 9,8 \cdot 0,9^2 \cdot 0,95 \cdot 0,6 = 3,5 \text{ кН/м}$$

Тогда Нагрузку от собственного веса стальных труб можно не учитывать по ее малому вкладу.

Итак, суммарная приведенная внешняя нагрузка (с учетом коэффициента сочетания) будет:

$$F_{\text{red}} = \sum F = 35,25 + 9,50 \cdot 0,9 + 3,55 \cdot 0,95 = 47,15 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

2. Определение марки, группы и категории стали

В соответствии с рекомендациями «Пособия по определению толщин стенок стальных труб, выбору марок, групп и категорий сталей для наружных сетей водоснабжения и канализации», при расчетной температуре до -20°C и при толщине стенки не более 10 мм следует применять трубы из полуспокойной стали ВСт2пс2, ВСт3пс2) и из низколегированной стали. Для трубопроводов 1 класса по степени ответственности рекомендуются стали группы В, из которой изготавливаются трубы как по ГОСТ 8696-74, так и по ГОСТ 10706-76. Категория сталей 2 или 3 для труб по ГОСТ 8696-74 и категория 1÷4 для труб по ГОСТ 10706-76.

Дальнейшие расчеты выполним одновременно и для стали ВСт3пс2, и для стали 17ГС с целью сравнения результатов.

3. Определение расчетных сопротивлений сталей

Нормативное сопротивление для стали ВСт4пс22: $R_{yn}=245$ МПа, для низколегированной стали 17ГС: $R_{yn}=343$ МПа

$$R_y = \frac{R_{yn}}{1,1}$$

Расчетное сопротивление стали 17ГС $R_y=312$ МПа. , тогда: для стали ВСт3пс2 $R_y=223$ МПа; для

4.Определение толщины стенки трубопровода

$$t_1 = \sqrt{\frac{F_{red} \cdot d_e \cdot \xi}{0,00105 R_y m}}$$

Из расчета на прочность

$$t_1 = \sqrt{\frac{47,15 \cdot 0,92 \cdot \xi}{0,00105 R_y 0,9}} = 214,1 \sqrt{\frac{\xi}{R_y}}$$

Так как $F_{red}=47,15$ кН/м, $d_e=0,92$ м, $m=0,9$ (для 1 класса по степени ответственности), то Искомая толщина стенки входит и в левую часть равенства, и в правую (от t_1 зависит коэффициент ξ). Поэтому

уравнение решается подбором. Задаваясь различными значениями t_1 , вычисляем:

$$\xi = \frac{0,1B + B_t}{1,1B + B_t}, \text{ где } B=0,125E, \text{ а } B_t = \frac{2E_a}{1 - \nu^2} \cdot \left(\frac{t}{d_m} \right)^3 ;$$

подставляем в правую часть уравнения, пока оно не удовлетворится. Так, для:

$$t=10\text{мм: } \xi=(0,1 \cdot 0,875 + 0,593)/(1,1 \cdot 0,875 + 0,593)=0,437;$$

$$t=9 \text{ мм: } \xi=0,372;$$

$$t=8 \text{ мм: } \xi=0,308;$$

$$t=7 \text{ мм: } \xi=0,249;$$

$$t=6 \text{ мм: } \xi=0,198.$$

Для варианта ВСт 3пс2: удовлетворяет уравнению $t_1 = 8$ мм.

$$t_1 = 214,1 \sqrt{\frac{\xi}{223}} = 14,34 \sqrt{\xi}.$$

$$\text{При } t_1 = 10\text{мм: } 14,34 \sqrt{\xi} = 9,46 < 10,$$

$$t_1 = 9 \text{ мм: } 14,34 \sqrt{\xi} = 8,75 < 9,$$

$$t_1 = 8 \text{ мм: } 14,34 \sqrt{\xi} = 7,95 \approx 8\text{мм}$$

Для варианта стали 17ГС: удовлетворяет уравнению $t_1 < 6$ мм.

$$t_1 = 214,1 \sqrt{\frac{\xi}{312}} = 12,1 \sqrt{\xi}.$$

$$\text{При } t_1 = 7 \text{ мм: } 12,1 \sqrt{\xi} = 6,03 < 7,$$

$$t_1 = 6 \text{ мм: } 12,1 \sqrt{\xi} = 5,38 < 6.$$

Из расчета по деформации независимо от марки стали: удовлетворяет уравнению $t_2 \geq 7$ мм.

$$t_2 = 1,47 \sqrt[3]{10 \cdot F_{\text{red}} \cdot d_e^2 \cdot \xi},$$

$$\text{или } t_2 = 1,47 \sqrt[3]{10 \cdot 47,15 \cdot 0,292 \cdot \xi} = 10,77 \sqrt[3]{\xi}$$

$$\text{При } t_2 = 7 \text{ мм } 10,77 \sqrt[3]{\xi} = 6,77 < 7,$$

$$t_2 = 6 \text{ мм } 10,77 \sqrt[3]{\xi} = 6,28 > 6.$$

Из расчета на внутреннее давление при отсутствии внешней нагрузки: эти значения меньше предыдущих.

$$t_3 = 500 \frac{p \cdot d_e}{m R_y + p},$$

где $p = 2,5 \text{ МПа}$,

$m = 0,9$.

Для стали ВСт3пс2:

$$t_3 = 500 \frac{2,5 \cdot 0,92}{0,9 \cdot 223 + 2,5} = 5,6 \text{ мм}$$

Для стали 17ГС: $t_3 = 4 \text{ мм}$.

Выполним проверку трубы с минимальной толщиной стенки $t = 7 \text{ мм}$ на устойчивость:

$$\frac{F_{\text{red}}}{1000 d_e \beta} \leq 1,2 \sqrt{B \beta_t}.$$

$$\frac{47,15}{1000 \cdot 0,92 \cdot 0,75} = 0,069 < 1,2 \sqrt{0,203 \cdot 0,875} = 0,506$$

Условие удовлетворяется.

Таким образом, принимаем трубу $\varnothing 920$ и толщиной стенки $t_2 = 8 \text{ мм}$ из стали ВСт3пс2, либо $\varnothing 920$ и толщиной стенки $t_2 = 7 \text{ мм}$ из стали 17 ГС.

Практическая работа № 31

Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи

Цель работы: изучение принципов определения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Используя пример решите задачи :

Условие задачи : Температура поверхности вертикальной стенки высотой $h=6$ м равна $t_c=20^\circ\text{C}$. Температура воздуха в помещении $t_{ж}=30^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке.

Условие задачи: Тепло горячей воды, движущейся внутри круглой горизонтальной трубы, передается воздуху, омывающему трубу по наружной поверхности свободным потоком. Требуется определить коэффициенты теплоотдачи водой внутренней поверхности трубы и наружной ее поверхности к воздуху, а также коэффициент теплопередачи от воды к воздуху. Внутренний диаметр трубы $d_1=35$ мм, толщина стенки трубы $\delta=4,0$ мм; длина трубы $l=1,4$ м; материал трубы – красная медь, с коэффициентом теплопроводности $\lambda=378$ Вт/(м·К) ; средняя скорость воды в трубе $w=0,35$ м/с; средняя температура воды в трубе $t_{ж1}=100^\circ\text{C}$, температура воздуха $t_{ж2}=25^\circ\text{C}$.

Задача 1.

Пример: условие задачи : Температура поверхности вертикальной стенки высотой $h=3$ м равна $t_c=10^\circ\text{C}$. Температура воздуха в помещении $t_{ж}=20^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке.

1 Определим физические характеристики воздуха при температуре $t_{ж}=20^\circ\text{C}$

коэффициент теплопроводности $\lambda_{ж}=0,0259$ Вт/(м· К)

кинематическая вязкость $\nu_{ж}=15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с

критерий Прандтля $Pr_{ж}=0,703$

коэффициент температурного расширения воздуха

$$\beta=1/(t_{ж}+273)=1/(20+273)=0,0034 \text{ K}^{-1}$$

критерий Прандтля, при температуре равной температуре стенки трубы

$$Pr_{ст,ж}=0,705$$

2 Определим критерий Грасгофа при свободном обтекании вертикальной стенки воздухом

$$Gr_{zh}=(9,81 \cdot h^3 \cdot \beta \cdot (t_{ж}-t_c))/\nu_{ж}^2=(9,81 \cdot 3^3 \cdot 0,0034 \cdot (20-10))/(15,06 \cdot 10^{-6})^2=397,065 \cdot 10^8$$

3 Определим критерий Релея

$$Ra=Pr_{ж} \cdot Gr_{zh}=0,703 \cdot 397,065 \cdot 10^8=279,136 \cdot 10^8$$

4 Определим критерий Нуссельта при $Ra>10^9$ (турбулентный режим) по эмпирической формуле

$$Nu_{ж}=0,15 \cdot (Ra)^{0,33} \cdot (Pr_{ж}/Pr_{ст,ж})^{0,25}=0,15 \cdot (279,136 \cdot 10^8)^{0,33} \cdot (0,703/0,705)^{0,25}=419,7$$

5 Определим коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воздуху

$$\alpha=Nu_{ж} \cdot \lambda_{ж}/h=419,7 \cdot 0,0259 /3=3,62 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$$

Задача 2.

Условие: Тепло горячей воды, движущейся внутри круглой горизонтальной трубы,

передается воздуху, омывающему трубу по наружной поверхности свободным потоком. Требуется определить коэффициенты теплоотдачи водой внутренней поверхности трубы и наружной ее поверхности к воздуху, а также коэффициент теплопередачи от воды к воздуху. Внутренний диаметр трубы $d_1=30$ мм, толщина стенки трубы $\delta=3,0$ мм; длина трубы $l=1,4$ м; материал трубы – красная медь, с коэффициентом теплопроводности $\lambda=378$ Вт/(м·К) ; средняя скорость воды в трубе $w=0,35$ м/с; средняя температура воды в трубе $t_{ж1}=80^\circ\text{C}$, температура воздуха $t_{ж2}=20^\circ\text{C}$.

- 1 Определим физические характеристики воды при температуре $t_1=80^\circ\text{C}$, см. [4] , стр. 299
 коэффициент теплопроводности $\lambda_1=0,669$ Вт/(м·К)
 кинематическая вязкость $\nu_1=0,365\cdot 10^{-6}$ м²/с
 критерий Прандтля $Pr_1=2,23$
 критерий Прандтля , при температуре воды равной температуре стенки $Pr_{ст1}=7,03$

- 2 Определим критерий Рейнольдса для потока воды в трубе, движущейся со скоростью w :

$$Re_{жд}=(w_1\cdot d_1)/\nu_1=(0,35\cdot 0,030)/0,365\cdot 10^{-6}=28767$$

- 3 Определим критерий Нуссельта для режима течения $10^4 < Re_{жд} < 5\cdot 10^6$ по эмпирической формуле, см. [4] , стр. 84

$$\text{Поскольку } l/d_1=1,4/0,030=46,7 \quad \text{то } \varepsilon_l=1,009; \quad \text{см. [4] , стр. 84}$$

$$\begin{aligned} Nu_{жд} &= 0,021 \cdot (Re_{жд})^{0,8} \cdot (Pr_1)^{0,43} \cdot (Pr_1/Pr_{ст1})^{0,25} \cdot \varepsilon_l = \\ &= 0,021 \cdot (28767)^{0,8} \cdot (2,23)^{0,43} \cdot (2,23/7,03)^{0,25} \cdot 1,009 = 82,86 \end{aligned}$$

- 4 Определим коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы

$$\alpha_1 = Nu_{жд} \cdot \lambda_1 / d_1 = 82,86 \cdot 0,669 / 0,030 = 1847 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$$

- 5 Определим физические характеристики воздуха при температуре $t_{ж2}=20^\circ\text{C}$,

$$\text{коэффициент теплопроводности } \lambda_2=2,59\cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$$

$$\text{кинематическая вязкость } \nu_2=1,506\cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\text{критерий Прандтля } Pr_2=0,703$$

$$\text{коэффициент температурного расширения воздуха } \beta=1/(t_{ж2}+273)=1/(20+273)=0,0034 \text{ K}^{-1}$$

6 Определим критерий Грасгофа при свободном поперечном свободном обтекании горизонтальной трубы воздухом

$$\begin{aligned} Gr &= 9,81 \cdot (2 \cdot \delta_1 + d_1)^3 \cdot \beta \cdot (t_{ж1} - t_{ж2}) / \nu_2^2 = \\ &= 9,81 \cdot (2 \cdot 0,003 + 0,03)^3 \cdot 0,0034 \cdot (80 - 20) / (1,506 \cdot 10^{-5})^2 = 411677 \end{aligned}$$

7 Определим критерий Нуссельта по эмпирической формуле

$$Nu_{жд2} = 0,47 \cdot (411677)^{0,25} = 11,9$$

8 Определим коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к воздуху

$$\alpha_2 = Nu_{жд2} \cdot \lambda_2 / (2 \cdot \delta + d_1) = 11,9 \cdot (2,59 \cdot 10^{-2}) / (2 \cdot 0,003 + 0,03) = 8,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

9 Определим коэффициент теплопередачи по формуле, для цилиндрической стенки

$$\begin{aligned} K &= 1 / (1 / (\alpha_1 \cdot d_1) + (1 / 2 \cdot \lambda) \cdot \ln((2 \cdot \delta + d_1) / d_1) + 1 / (\alpha_2 \cdot (2 \cdot \delta + d_1))) = \\ &= 1 / (1 / (1847 \cdot 0,03) + (1 / 2 \cdot 378) \cdot \ln((2 \cdot 0,003 + 0,03) / 0,03) + 1 / (8,6 \cdot (2 \cdot 0,003 + 0,03))) = 0,308 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} \end{aligned}$$

Практическая работа № 32

Изучение правил оформления текстовых документов и схем.

Цель работы: изучение правил оформления текстовых документов и схем.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1).
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Перечислите общие положения стандарта.
 - b. Перечислите требования к текстовым документам, содержащим, в основном, сплошной текст.
 - c. Опишите правила оформления иллюстраций и приложений.
 - d. Опишите правила построения таблиц.
 - e. Перечислите требования, предъявляемые к текстовым документам, содержащим текст, разбитый на графы.
 - f. Перечислите требования к оформлению титульного листа и листа утверждения.

Практическая работа № 33

Перевод физических единиц в кратные и дольные.

Цель работы: научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы:
 - a. Что понимается под применением единиц физических величин?
 - b. В чём различие между основными и производными физическими величинами?
 - c. Какой нормативный документ устанавливает обязательное применение единиц Международной системы единиц.
 - d. Как пишутся обозначения единиц, названных в честь учёных.

- е. Приведите примеры производных единиц СИ, имеющих специальные наименования и обозначения.
- ф. Соблюдение каких основополагающих условий необходимо для обеспечения единства измерений и роль в этом единиц физических величин СИ.
- г. Как поддерживают единство измерений с учётом сопутствующих факторов?

Примеры

1. Перевести исходные единицы СИ в кратные единицы и обратно:

$$29,4 \cdot 10^{10} \text{ МПа} = 29,4 \cdot 10^{10} \cdot 10^6 = 10^{16} \text{ Па}$$

$$490 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 490 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \text{ кВт} = 490 \text{ кВт}$$

2. Перевести исходные единицы в дольные единицы и обратно:

$$0,0084 \text{ м} = 0,0084 \cdot 10^2 = 0,84 \text{ см}$$

3. Перевести внесистемные единицы в единицы СИ:

$$20 \text{ мм рт. ст.} = 20 \cdot 133,3 = 2666 \text{ Па}$$

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с правилами написания обозначения единиц физических величин – ГОСТ 8.417.
2. Ознакомиться с правилами образования кратных и дольных единиц – ГОСТ 8.417.
3. При выполнении задания перевода системных и внесистемных единиц в единицы СИ, а также при выборе десятичных кратных и дольных единиц необходимо использовать таблицы.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы
2. Результаты расчета.
3. Ответы на контрольные вопросы

Метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Физическая величина (ФВ) - характеристика одного из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общая в качественном отношении по многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальна для каждого объекта.

Значение физической величины - оценка ее размера в виде некоторого числа по принятой для нее шкале.

Единица физической величины - ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено значение равное единице и применяемая для количественного выражения однородных ФВ.

Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные (СИ), системные и внесистемные единицы. Международная система единиц физических величин.

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется системой единиц физических величин. Единица основной ФВ является основной единицей данной системы. В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела (табл.1).

Производная единица - это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Некоторые производные единицы системы СИ, имеющие собственное название, приведены в табл. 2.

Величина Единица

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Размерность	Рекомендуемое русское	международное	Длина L l метр м m
Масса M	килограмм	кг	
Время T	секунда	s	
Сила электрического тока I	ампер	A	
Термодинамическая температура O T	кельвин	K	
Количество вещества N n,	моль	mol	
Сила света J	канделла	cd	

Основные единицы физических величин системы СИ

Таблица 2 Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

Величина Единица

Наименование Размерность Наименование Обозначение Выражение через ед.СИ

Частота T герц Гц с

Сила, вес LMT ньютон Н м*кг*с

Давление, механическое напряжение LMT паскаль Па м*кг*с

Энергия, работа, количество теплоты LM T джоуль Дж м²*кг*с

Мощность LMT ватт Вт м*кг*с

Количество электричества TI кулон Кл с*А
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила LMTI вольт В м*кг*с* А

Электрическая емкость LMTI фарад фм*кг*с*А

Электрическое сопротивление LMTI ом Ом м*кг*с*А

Магнитная индукция MTI тесла Тл кг*с*А

Для установления производной единицы следует:

выбрать ФВ, единицы которых принимаются в качестве основных;

установить размер этих единиц;

-выбрать определяющее уравнение, связывающее величины, измеряемые основными единицами, с величиной, для которой устанавливается производная единица. При этом символы всех величин, входящих в определяющее уравнение, должны рассматриваться не как сами величины, а как их именованные числовые значения;

Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. Внесистемная единица - это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на 4 вида:

допускаемые наравне с единицами СИ, например: единицы массы - тонна; плоского угла - градус, минута, секунда; объема - литр и др. Некоторые внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл.3. Таблица 3 Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ.

Наименование величины Единица

Наименование Обозначение Соотношение с единицей СИ

Масса тонна т 10кг

Время минута мин 60 с

час ч 3600 с

сутки сут 86400 с

Объем литр л 10м

Площадь гектар га 10м

допускаемые к применению в специальных областях, например: астрономическая единица, парсек, световой год - единицы длины в астрономии; диоптрия - единица оптической силы в оптике; электрон-вольт - единица энергии в физике и т.д.

временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например: морская миля - в морской навигации; карат - единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;

изъятые из употребления, например; миллиметр ртутного столба — единица давления; лошадиная сила - единица мощности и некоторые другие.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. Кратная единица - это единица ФВ, в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины - километр равна 10 м, т.е. кратная метру. Дольная единица - единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10 м, т.е. является дольной. Приставки для образования кратных и дольных единиц СИ приведены в табл.4.

Таблица 4 Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
-----------	-----------	-------------	-----------	-----------	-------------

10 ⁶ экса	Э	10 ⁻¹ деци	d	10 ¹⁵ пета	P
----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---

10 ¹² тера	T	10 ⁻³ милли	m
-----------------------	---	------------------------	---

10 ⁹ гига	G	10 ⁻⁶ микро	μ	10 ⁶ мега	M	10 ⁻⁹ нано	n	10 ³ кило	k	10 ⁻¹² пико	p	10 ² гекто	h	10 ⁻¹⁸ фемто	f	10 ¹ дека	da
----------------------	---	------------------------	---	----------------------	---	-----------------------	---	----------------------	---	------------------------	---	-----------------------	---	-------------------------	---	----------------------	----

Существует соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными (см. таблицу 5)

Таблица 5 Соотношения между единицами измерения

№

п.п. Величины Единицы измерения

в СИ Соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными.

1. Длина м 1 км = 1000 м

2. Масса кг 1 т = 1000 кг 1 ц = 100 кг 3. Температура К $\Theta = (t + 273,15) \text{ К}$

4. Вес (сила тяжести) Н 1 кг = 9,81 Н

1 дин = 10⁻⁵ Н

5. Давление Па 1 бар = 10⁵ Па

1 мбар = 100 Па

1 дин / см² = 1 мкбар = 0,1 Па

1 кгс / см² = 1 ат = 9,81 × 10⁴ Па = 735 мм.рт.ст.

1 кгс / м = 9,81 Па

1 мм.вод.ст. = 9,81 Па

1 мм.рт.ст. = 133,3 Па

6. Мощность Вт 1 кгс м / с = 9,81 Вт

1 эрг / с = 10⁻⁷ Вт

1 ккал / ч = 1,163 Вт

7. Объем м³ 1 л = 10⁻³ м³ = 1 дм³

8. Плотность кг / м³ 1 т / м³ = 1 кг / дм³ = 1 г / см³ = 10³ кг / м³

1 кгс / м = 9,81 кг / м

9. Работа, энергия,

количество теплоты Дж 1 кгс м = 9,81 Дж

1 эрг = 10⁻⁷ Дж

$$1 \text{ кВт ч} = 3,610 \text{ Дж} = 4,19 \text{ кДж}$$

ЗАДАНИЕ

Выразить в соответствующих единицах значения физических величин (повариантное задание по таблице 6).

ВЫРАЗИТЬ В СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ.

Таблица 6

Варианты заданий.

1, 7, 13, 19 2, 8, 14, 20 3, 9, 15, 21

Задание Ответ Задание Ответ Задание Ответ

10м мкм 100м мм 100см м

100кг т 100кг ц 100кг г

37 °C = 32 °C = 25 °C =

250K 450K 210 K

10Па бар 10Па Мбар 10Па дин/см

100Па мм.рт.ст. 100Па кгс/см 100Па мм.вод.ст.

1000

мм.рт.ст. мбар 1000

мм.рт.ст. Па 1000

мм.рт.ст. кгс/ см

10 Н кг 10 Н дин 10 Н г

10Вт ккал/ч 10Вт эрг/с 10Вт кгс*м/с 10Дж ккал 10Дж кВт*ч 10Дж эрг

0,1л см 0,1л дм 0,1л м

0,1 м/см/ч 0,1 м/скм/с 0,1 м/скм/ч

10 АГА 10 Ака 10 АМА

100Вт МВт 100Вт сВт 100Вт дВт 1 кг / м кг/дм 1 кг /м г/см 1 кг / м г/м

Варианты заданий.

4, 10, 16, 22 5, 11, 17, 23 6, 12, 18, 24

Задание Ответ Задание Ответ Задание Ответ

1Мм м 10мкм м 100мм м

10т кг 100ц т 100г кг

48 °C = 53 °C = 70 °C =

375K 273K 300K

10Па ат 10Па мм.рт.ст. 10Па мбар 100Па кгс/м 100Па мкбар 100Па дин/м

1000

мм.рт.ст. дин/см 1000

мм.рт.ст. ат 1000

мм.рт.ст. кгс/м

10 Н дг 10 Н сг 10 Н дин

1Вт ккал/ч 1Вт кгс*м/с 1Вт эрг/с 1Дж ккал 1Дж кВт*ч 1Дж эрг

0,01л см 0,01л дм 0,01л м

0,1 м/см/мин 0,1 м/скм/мин 0,01 м/скм/ч

0,1 АГА 0,1 АсА 0,1 АМА

1Вт мВт 1Вт сВт 1Вт дВт 1 кг / м кг/дм 1 кг / м г/см 1 кг / м мг/ м

Ответы к заданию. ВЫРАЗИТЬ В СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ.

Таблица 6 а

Варианты заданий.

1,7, 13, 19 2,8, 14, 20 3, 9, 15, 21

Задание Ответ Задание Ответ Задание Ответ

10м 10мкм 100м 10мм 100см 1м

100кг 0,1т 100кг 1,0 ц 100кг 10г

37 $\Theta = 310,15\text{K}$ 32 $\Theta = 305,15\text{K}$ 25 $\Theta = 298,15\text{K}$ 250K t = - 23,15 450K t = 176,85 210 Kt = -

63,15

10Па 10бар 10Па 10Мбар 10Па 10дин/см

100Па 0,75

мм.рт.ст. 100Па 1,02х10

кгс/см 100Па 10,2

мм.вод.ст.

1000

мм.рт.ст. 0,13х10

мбар 1000

мм.рт.ст. 1,333х10

Па 1000

мм.рт.ст. 1,36

кгс/ см

10 Н 1,02кг 10 Н 10дин 10 Н 1,02х10г

10Вт 8,6 ккал/ч 10Вт 10эрг/с 10Вт 1,02 кгс*м/с 10Дж 2,4х10

ккал 10Дж 2.8х10

кВт*ч 10Дж 10эрг

0,1л 100 см 0,1л 0,1 дм 0,1л 0.1х10м

0,1 м/с 360 м/ч 0,1 м/с 0,0001км/с 0,1 м/с 3,6х10км/ч

10 А 10 ГА 10 А 0,01кА 10 А 10 МА

100Вт 10 МВт 100Вт 10 сВт 100Вт 10 дВт 1 кг / м 10кг/дм 1 кг /м 10 г/см 1 кг / м 10 г/м

Варианты заданий.

4, 10, 16, 22 5, 11, 17, 23 6, 12, 18, 24

Задание Ответ Задание Ответ Задание Ответ

1Мм 10м 10мкм 10м 100мм 0,1м

10т 10кг 100ц 10 т 100г 0,1 кг 48 $\Theta = 321,15\text{K}$ 53 $\Theta = 326,15\text{K}$ 70 $\Theta = 343,15\text{K}$ 375K t = 101,85

273K t = - 0,15 300K t = 26,85

10Па 1,02х10ат 10Па 7,5х10

мм.рт.ст. 10Па 0,1 мбар 100Па 10,2 кгс/м 100Па 10мкбар 100Па 10дин/м

1000

мм.рт.ст. 1,335х10

дин/см 1000

мм.рт.ст. 1,36

ат 1000

мм.рт.ст. 1,36х10

кгс/м

10 Н 1,02х10дг 10 Н 10,2сг 10 Н 10дин

1Вт 0,86 ккал/ч 1Вт 0,1кгс*м/с 1Вт 10эрг/с 1Дж 0,24х10

ккал 1Дж 2,8х10

кВт*ч 1Дж 10 эрг

0,01л 10 см 0,01л 0,01 дм 0,01л 0,1х10м

0,1 м/с 6 м/мин 0,1 м/с 0,6х10

км/мин 0,01 м/с 0,036 км/ч 0,1 А 0,001 ГА 0,1 А 10 сА 0,1 А 10 МА

1Вт 10 мВт 1Вт 100 сВт 1Вт 10 дВт 1 кг / м 10кг/дм 1 кг / м 10г/см 1 кг / м 10 мг/ м

Практическая работа № 33

Решение задач на погрешность.

Цель работы: научиться решать задачи на погрешность.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Используя примеры решите задачи:
 - а. Условие 1: Определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с номинальным значением шкалы $I_{ном} = 25\text{мА}$ для измерения тока в интервале от 3-х до 15 мА так, чтобы относительная погрешность измерения тока $\delta I_{отн}$ не превышала 2%.
 - б. Условие 2: Определить какой прибор больше подходит для измерения тока $I = 25\text{мА}$, если для измерения использованы два прибора, имеющих соответственно шкалы на 30 мА, класс точности 0,5 и на 100 мА, класс точности 0,2.

Задача 1.

Определить класс точности магнитоэлектрического миллиамперметра с номинальным значением шкалы $I_{ном} = 10\text{мА}$ для измерения тока в интервале от 1-го до 10 мА так, чтобы относительная погрешность измерения тока $\delta I_{отн}$ не превышала 1%.

Дано:

$$I_{ном} = 10\text{мА}$$

$$\delta I_{отн} \leq 1\% \quad 1 \div 10\text{мА}$$

Найти:

К-?

Решение:

Относительная погрешность измерения $\delta I_{отн}$ больше в начале шкалы прибора, так как значение абсолютной погрешности ΔI по всей шкале прибора примерно одно и то же. Поэтому ΔI определяется при $I = 1\text{мА}$:

$$\Delta I = \delta I_{отн} \times I = 0,01 \times 1 \times 10^{-3} \text{ А} = 10^{-5} \text{ А}.$$

Класс точности рабочего средства измерения находится по основной приведенной погрешности:

$$\delta I_{отн} = \frac{\Delta I}{I_{ном}} = \frac{10^{-5}}{10 \times 10^{-3}} = 0,001$$

Вывод: класс точности выбранного прибора должен быть $K=0,1$.

Задача 2.

Определить какой прибор больше подходит для измерения тока $I=10\text{мА}$, если для измерения использованы два прибора, имеющих соответственно шкалы на 15 мА, класс точности 0,5 и на 100 мА, класс точности 0,1.

Дано:

$$I = 10\text{мА}$$

$$I_{ном1} = 15\text{мА}$$

$$I_{ном2} = 100\text{мА}$$

$$K_1 = 0,5$$

$$K_2 = 0,1$$

Найти:

δI_1 и δI_2

Решение:

Абсолютную и относительную погрешности первого миллиамперметра определим по формулам:

$$\Delta I_1 = \frac{K}{100} \times I_{\text{ном}} = \frac{0,5}{100} \times 15 \times 10^{-3} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$\delta I_1 = \frac{\Delta I_1}{I} = \frac{7,5 \times 10^{-5}}{10 \times 10^{-3}} = 7,5 \times 10^{-3} \rightarrow \delta I_1 = 0,75 \%$$

Абсолютную и относительную погрешности второго миллиамперметра определим по формулам:

$$\Delta I_2 = \frac{K}{100} \times I_{\text{ном}} = \frac{0,1}{100} \times 100 \times 10^{-3} = 0,1 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\delta I_2 = \frac{\Delta I_2}{I} = \frac{1 \times 10^{-5}}{10 \times 10^{-3}} = 0,01 \rightarrow \delta I_2 = 1\%$$

Вывод: несмотря на то, что второй прибор имеет более высокий класс точности, для заданного измерения тока больше подходит первый миллиамперметр, так как в этом случае уменьшается относительная погрешность измерения.

Практическая работа № 34

Изучение правил определения полей допусков в электронике.

Цель работы: изучить правила определения полей допусков в электронике.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - а. Перечислите виды отклонений.
 - б. Приведите примеры числовых отклонений.
 - с. Приведите примеры обозначения отклонений буквами.
 - д. Что является основным отклонением: по валу или по отверстию?

Основные отклонения

Из двух предельных отклонений стандарт выделяет одно, которое называют основным. Основное отклонение – это одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), ближайшее к номинальному размеру.

Для ранее приведенных примеров простановки отклонений (раздел 1.1) определим числовые значения основных отклонений:

1) + 0,002; 2) – 0,025; 3) + 0,007; 4) 0; 5) 0; 6) не определено.

В шестом примере определить основное отклонение невозможно, оба отклонения равноудалены от номинального размера.

Основные отклонения обозначают буквами латинского алфавита (рис. 1.1):

Прописными буквами – основные отклонения отверстий А, В, С, D, Е, F, G, H, J, Js, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z;

Строчными буквами – основные отклонения валов а, b, с, d, e, f, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z.

Основные отклонения от А до H (а – h) предназначены для образования посадок с

гарантированным зазором, причем зазор уменьшается от А до Н (а – h).

Основные отклонения Js, K, M, N (j, k, m, n) предназначены для образования переходных посадок, причем основное отклонение Js (js) дает большую вероятность появления в соединении зазора и небольшую вероятность появления натяга, а основное отклонение N (n) уже, наоборот, дает большую вероятность появления натяга и небольшую вероятность появления зазора.

Основные отклонения K (k), M (m) дают примерно равные вероятности появления в соединении зазоров или натягов. Основное отклонение J (j) может иметь индекс «s», например: Js, js. Это означает симметричное расположение отклонений относительно номинального размера. В этом случае числовые значения верхнего и нижнего отклонений численно равны, но противоположны по знаку.

Основные отклонения от Р до Z (р – z) предназначены для образования посадок с гарантированным натягом, причем натяг увеличивается от Р до Z (р – z).

Основные отклонения вала и отверстия, обозначенные одноименной буквой (для данного интервала размеров), равны по величине, но противоположны по знаку, например, для отверстий с основными отклонениями от А до Н и валов от а до h: $+EI = -es$;

для отверстий с основными отклонениями от Р до Z и валов от р до z: $-ES = +ei$.

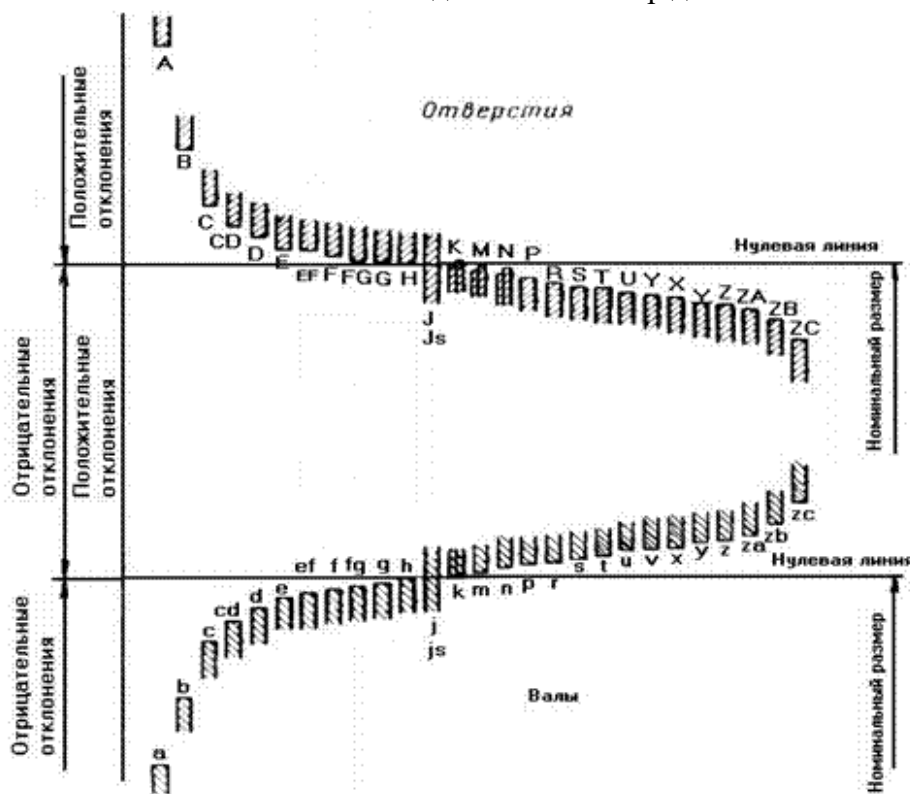


Рисунок 1.1. Основные отклонения отверстий валов

Практическая работа № 35

Изучение определения шероховатости поверхности.

Цель работы: изучить правила определения шероховатости поверхности.

Задание:

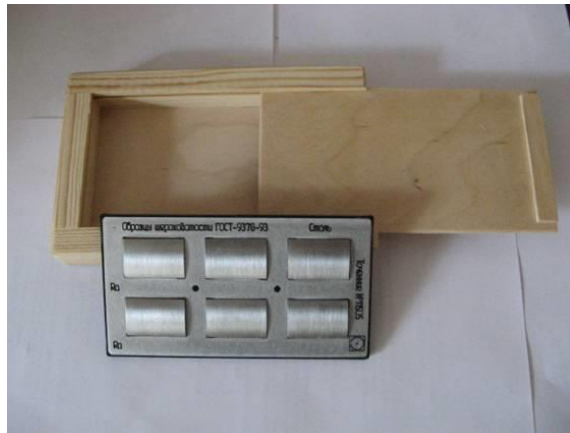
1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - а. Понятие «Шероховатость поверхности».
 - б. Опишите три вида шероховатости объекта.
 - с. Перечислите показатели шероховатости.

- d. Перечислите способы оценки шероховатости.
- e. Опишите методы проведения измерения шероховатости поверхности.

Способы и методы измерения шероховатости поверхности

Любая, обработанная даже тщательнейшим образом поверхность детали, не может быть полностью идеально ровной. Значение гладкости и ровности поверхности детали в любом случае будет отличаться от заданного чертежом значения, т.е. от номинального значения. При этом, отклонение может быть либо макрогеометрическим, либо микрогеометрическим. Макрогеометрические отклонения могут быть охарактеризованы волнистостью детали и несоответствием форме. Микрогеометрические отклонения, в свою очередь, определяются не чем иным, кроме шероховатости поверхности.

Шероховатость - это совокупность микронеровностей появляющихся на поверхностях готовых изделий или деталей. При этом, шаг неровности, принимаемый в качестве шероховатости, должен быть очень мал, относительно базовой длины всей поверхности.



Вообще, принято выделять три вида шероховатости объекта:

- Исходная шероховатость - возникающая в результате технологической обработки изделия различными абразивами.
- Эксплуатационная шероховатость - это приобретаемая в процессе эксплуатации шероховатость в результате износа и рабочего трения.
- Равновесная шероховатость - это вид эксплуатационной шероховатости, который можно воспроизвести в стационарных условиях трения.

Параметры шероховатости определены в ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения». Согласно этому документу, выделяют такие показатели шероховатости, как:

R_a - это среднее арифметическое значение отклонения профиля.

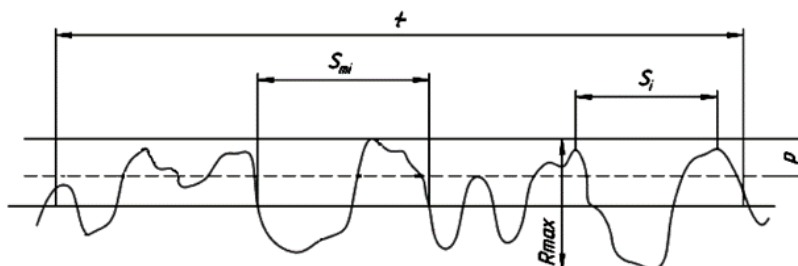
R_z - это высота неровностей профиля, снятая в 10 точках.

S - это средний шаг местных выступов профиля;

S_m - это среднее арифметическое значение шага неровности;

R_{max} - это максимальная высота профиля;

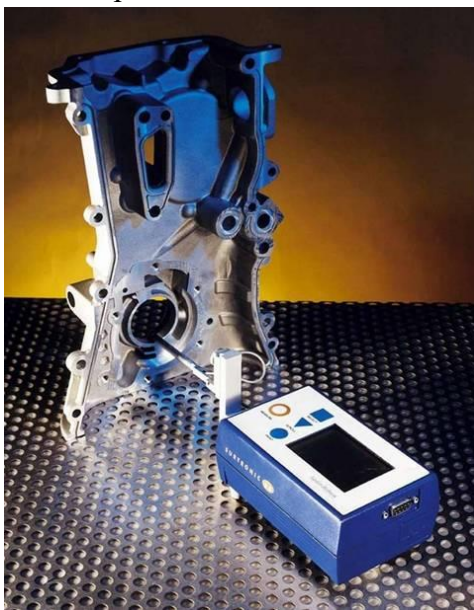
t_r - это относительная длина профиля (опорная), p - это уровень сечения профиля.



При задании шероховатости, как правило, используется параметр ср. арифм-го. отклонения профиля (R_a).

Стоит отметить, что именно шероховатость, оказывает наиболее сильное влияние на эксплуатационные характеристики двигателей машин, а также деталей и узлов различного оборудования. Возможно, именно поэтому, точное определение значения шероховатости - одна из самых важных задач метрологии.

Оценка шероховатости может производиться двумя способами: либо поэлементно, путем сравнения отдельных параметров, либо в комплексе, используя сравнительный анализ исследуемого образца с эталоном.



Наиболее точным, на момент написания статьи, является поэлементный способ, который может быть осуществлен различными методами определения шероховатости:

1) Щуповой метод измерения шероховатости поверхности - это контактный метод, измерения при котором производятся при помощи профилометра. Профилометр представляет собой чувствительный датчик, оборудованный тонкой, остро заточенной алмазной иглой, с так называемой, ощупывающей головкой.

Алмазная игла прижимается и перемещается параллельно исследуемой поверхности. В местах возникновения микронеровностей (выступов и впадин), возникают механические колебания измерительной головки иглы. Эти колебания передаются в датчик, преобразующий механическую энергию колебания в электрический сигнал, который усиливается преобразователем и измеряется. Записанные параметры этого сигнала в точности повторяют неровности на шероховатой поверхности детали.

Профилометры, по признаку типа преобразователя сигналов, разделяют на пьезоэлектрические, электронные, индукционные и индуктивные. Наиболее распространены приборы, использующие индуктивные преобразователи.

В качестве примера профилометра можно привести приборы моделей «СЕЙТРОНИК-ПШ8» (модели СЕЙТРОНИК-ПШ8-1, СЕЙТРОНИК-ПШ8-2, СЕЙТРОНИК-ПШ8-3 и СЕЙТРОНИК-ПШ8-4) а также старый-добрый «профилометр модели 130».

Помимо профилометров существуют также профилографы, которые позволяют не просто измерить, но и записать параметры шероховатого профиля в заранее выбранном масштабе.

Исследование поверхностней щуповым методом производится в несколько этапов: так, сначала профиль исследуемого объекта «ощупывается» несколько раз, а только затем, на основании серии измерений вычисляется усредненное значение параметра, характеризующегося

как количественное выражение неровности относительно длины участка.



Профилограф - профилометр СЕЙТРОНИК-ПШ8-1

2) Оптический метод - это бесконтактный метод измерения шероховатости, который состоит из целой группы методов. Самые распространенные из них - это:

- метод светового свечения и теневой метод,
- микроинтерференционный метод,
- растровый метод.

Итак, растровый метод предполагает следующую последовательность действий: на исследуемую поверхность кладется стеклянная пластинка, с нанесенной на неё растровой сеткой (т.е. системой равноудаленных параллельных линий), с маленьким шагом. Затем, на пластинку подаются световые лучи под наклоном. При падении световых лучей под наклоном в местах микроскопических неровностей, штрихи отраженной растровой сетки накладываются на штрихи реально нарисованной сетки, в результате чего возникают муаровые полосы, которые и свидетельствуют о наличии выступов или впадин на поверхности изучаемого объекта. При помощи растрового микроскопа и определяют параметры неровности. Точную методику определения параметров можно посмотреть в соответствующем ГОСТе. Отметим, что растровый метод применим для обследования поверхностей, следы неровностей на которых имеют преимущественно одинаковое направление (например, царапины в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания).

Метод светового и теневого свечения - это наиболее часто применяемые методы измерения параметров неровностей. Метод светового свечения сводится к тому, что: световой поток от источника света, проходя сквозь узкую щель, превращается в тонкий, узкий пучок. Затем, при помощи объектива, он направляется на исследуемую поверхность под определенным углом. Отражаясь, луч опять проходит через объектив и формирует изображение щели в окуляре. При этом, абсолютно ровная поверхность будет иметь идеально прямой световой пучок (линия), а шероховатая поверхность - искривленный.

Теневой метод - это усовершенствованный и продолженный метод светового свечения. Состоит он в том, что: недалеко от изучаемой поверхности приспособляется линейка со скошенным ребром. Пучок света преодолевает тоже самое расстояние, однако, будто ножом, срезается ребром линейки. При этом, на измеряемой поверхности можно наблюдать тень, верхняя часть которой в точности повторяет изучаемый профиль. При помощи микроскопа, такое изображение рассматривают, анализируют и делают выводы о параметрах и характере шероховатости.

Микроинтерференционный метод - реализуется при помощи специального

измерительного прибора, который состоит из измерительного микроскопа и интерферометра. Используя интерферометр, получают интерференционную картину поверхности исследуемого объекта с искривлениями полос в местах неровностей. Параметры шероховатости измеряют, затем, при помощи микроскопа.

Также, следует выделить отдельно метод слепков, который применяется для оценки шероховатости различных труднодоступных поверхностей, а также поверхностей, обладающих сложным строением. Метод слепков, представляет собой снятие негативных копий поверхности при помощи воска, парафина или гипса, а также последующее их изучение шуповым или оптическим методом. Таким образом, метод слепков - это не самостоятельный метод, а лишь метод связанный с подготовкой к измерению. Он применим только совместно с одним из способов измерения шероховатости.

Практическая работа № 36

Измерение размеров деталей вращения штангенинструментами.

Цель работы научиться производить измерение размеров деталей вращения при помощи штангенциркуля ШЦ-1 и ШЦ-2.

- Задание**
- 1. Внимательно прочитайте инструкцию по теме.
 - 2. Произведите измерения размеров детали при помощи штангенциркулей ШЦ-1 и ШЦ-2.
 - 3. Начертите эскиз детали типа «Валик ступенчатый».
 - 4. Заполните карту контроля размеров детали.

Контрольно-измерительный инструмент штангенциркули, величина отсчёта 0,01мм, величина измерения ШЦ-1 0÷125мм, ШЦ-2 0÷250мм.

Карта контроля размеров детали

Наименование, эскиз детали	Действительные размеры детали (мм)					

При
мер
вып

олнения практической работы

Карта контроля размеров детали

Наименование, эскиз детали	Действительные размеры детали (мм)					
<div>Валик ступенчатый</div> 	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	
	9,8	14,2	17,8	23,6	27,9	
	l1	l2	l3	l4	l5	l*
	19,7	20,8	20,4	20,1	20,1	101,2

Практическая работа № 37

Измерение размеров деталей вращения микрометрическим инструментом.

Цель работы научиться производить измерение размеров деталей вращения при помощи гладки микрометров МК-1 и МК-2.

- Задание**
1. Внимательно прочитайте инструкцию по теме.
 2. Произведите измерения размеров детали при помощи гладких микрометров МК-1 и МК-2.
 3. Начертите эскиз детали типа «Валик ступенчатый».
 4. Заполните карту контроля размеров детали.

Контрольно-измерительный инструмент гладкие микрометры, величина отсчёта 0,01мм, величина измерения МК-1 0÷25мм, МК-2 25÷50мм.

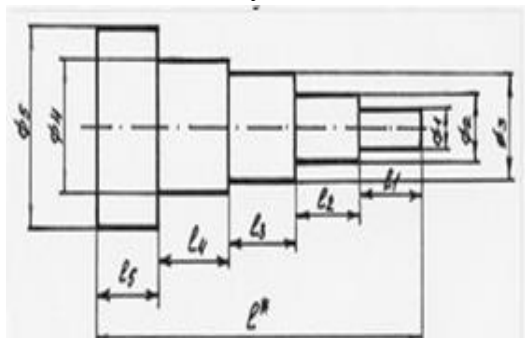
Карта контроля размеров детали

Наименование, эскиз детали	Действительные размеры детали (мм)					

При
мер
вып

олнения практической работы

Карта контроля размеров детали

Наименование, эскиз детали	Действительные размеры детали (мм)					
<p style="text-align: center;">Валик ступенчатый</p> 	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	
	9,81	14,2	17,87	23,63	27,91	
	l1	l2	l3	l4	l5	l*
	19,74	20,81	20,45	20,1	20,15	101,25

Практическая работа № 38

Выбор метода и вида измерений.

Цель работы: изучить правила выбора метода и вида измерений.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 1. Опишите методы измерений.
 2. Опишите этапы предварительного выбора МиСИ.

Методы измерений

Измерение физической величины может быть осуществлено различными методами (способами), выбор которых в каждом отдельном случае зависит от характера измеряемой величины, от условий измерения, от устройства и принципа действий измеряемой аппаратуры, а также требуемой точности.

По способу получения числового значения измеряемой величины методы измерения делят на 3 вида:

1. Прямые
2. Косвенные
3. Совокупные

Они различаются по характеру использования мер.

К наиболее важным методам, прямых измерений постоянно встречающихся на практике, относятся следующие:

1. Метод непосредственной оценки.
2. Метод сравнения, состоящий из четырех разновидностей:
 - а) нулевой метод;
 - б) дифференциальный метод;
 - в) метод замещения;
 - г) метод совпадения.

Сущность метода непосредственной оценки. Состоит в том, о значение измеряемой величины судят по показанию одного или нескольких приборов прямого преобразования, заранее проградуированных в единицах измеряемой величины или в единицах других величин, от которых зависит измеряемое. Он принадлежит к числу наиболее распространенных в технической практике (в силу своей простоты), и типичным его примером служит измерение электрических величин стрелочными приборами. Точность этого метода обычно ограничивается точностью измерительных приборов. Отличительной особенностью этого метода является то, что мера непосредственного участия в процессе измерения не принимает.

Сущностью метода сравнения является то, что при использовании этих методов измеряемая величина в процессе измерения сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой.

Таким образом, отличительной чертой методов сравнения является непосредственное участие меры в процессе измерения. Они различаются по характеру использования мер.

А) Нулевой метод – это метод, при котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и образцовой меры на прибор сравнения (нулевой индикатор) доводится до нуля. Примерами использования нулевых методов в электротехнике являются мостовые и компенсационные схемы. Нулевые методы значительно сложнее методов непосредственной оценки, требуют значительно большего времени, но зато точность их несравненно выше (0,02% и выше).

Нулевые методы применяются в основном при проверке приборов используемых непосредственной оценке.

Б) Дифференциальный метод – это метод, при котором непосредственно оценивается измерительными приборами разность между измеряемой величиной и образцовой мерой или разность производимых ими эффектов.

$$A_{из} - A = a$$

$A_{из}$ – измеряемая величина; A – показание прибора; a – погрешность.

Зная A и измерив a , можно найти $A_{из}$. Точность этого метода тем выше, чем меньше измеряемая разность и с тем большей точностью она измерена (если разность между $A_{из}$ и A

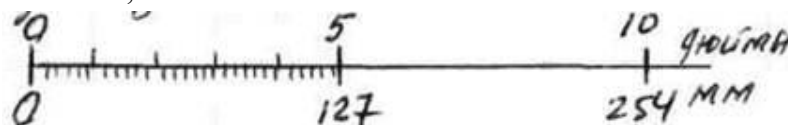
составляет 1% и измерено с точностью до 1%, то точность измерения составит уже 0,01%).

Дифференциальные методы используются при точных лабораторных измерениях (поверка образцовых сопротивлений, поверка измерительных трансформаторов и др.).

В) Метод замещения. Этот метод заключается в том, что в процессе измерения измеряемая величина $A_{из}$ заменяется в измерительной установке известной величиной A , при чем путем измерения величины A , измерительная установка приводится в прежнее состояние, то есть достигаются те же показания приборов, что и при действии величины $A_{из}$. При таких условиях $A_{из} = A$.

Г) Метод совпадения. Этот метод заключается в том, что измеряют разность между искомой величиной и образцовой мерой, используя совпадения меток шкал или периодических сигналов. Сущность этого метода можно пояснить на примере определения размера дюйма.

$$1 \text{ дюйм} = 127/5 = 254/10 = 25,4 \text{ мм}$$



Предварительный выбор методов и средств измерения.

Предварительный выбор МиСИ осуществляется следующими этапами:

1. необходимо составить модель объекта измерения и выделить в ней тот параметр, который должен быть принят за измеряемую величину.
2. в состав заданных исходных данных должны входить пределы допускаемых характеристик погрешностей измерений, вместо них можно включать пределы допускаемых погрешностей характеристик испытаний образцов продукции или показателей достоверности контроля.
3. устанавливают виды измерения (прямые, косвенные).
4. на основании исходных данных устанавливают, необходимо ли использовать вторичные процессы. Иногда вторичные процессы дают больше информации. Пример вторичных процессов: измерение температуры с помощью измерения длины волны теплового излучения.
5. на основании исходных требований степени автоматизации устанавливают виды и типы использования в МВИ СИ, а также других технических средств. Производится ориентировочный расчет погрешностей СИ в реальных для данных МВИ природных условий применения.
6. составляют схему соединений СИ с объектом измерения и другими техническими средствами.
7. если предполагается, что для удовлетворения требований к погрешности МВИ необходимо будет уменьшить влияние случайных составляющих, предварительно устанавливают число измерений и соответственный алгоритм их обработки.

$$X = \bar{x} \pm t \frac{S}{\sqrt{n}}$$

8. если предполагается, что необходимо будет уменьшить систематическую составляющую погрешности, то выбирают методику исключения или уменьшения систематических составляющих.

В результате выполнения работ по 1-8 предварительный выбор СИ закончен, т.е. разработан первый проект МВИ.

Практическая работа № 39

Измерение основных параметров наружной резьбы.

Цель работы: изучить правила измерения основных параметров наружной резьбы.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - а. Перечислите контролируемые параметры резьбы.
 - б. Перечислите инструмент для контроля и измерения параметров резьбы.
 - с. Произведите контроль параметров резьбы детали и запишите их.

Для контроля элементов резьбы — шага, диаметров, формы профиля — применяются универсальные и специальные инструменты. Выбор того или иного инструмента зависит от типа резьбы и главным образом от ее точности. В первую очередь контролируются шаг, средний диаметр и форма профиля и затем уже наружный и внутренний диаметры.

Измерение шага резьбы. Измерительной линейкой или штангенциркулем определяют длину нескольких шагов резьбы и полученный результат делят на количество шагов.

Шаг как наружной, так и внутренней резьбы можно определить при помощи резьбомера. На каждой пластинке резьбомера указана величина шага резьбы. Подбирают пластинку таким образом, чтобы ее зубцы плотно, без зазора вошли во впадины измеряемой резьбы. Тогда шаг резьбы будет равен шагу, указанному на пластинке.

Измерение среднего диаметра резьбы. Точно измерить средний диаметр резьбы можно с помощью резьбового микрометра. Для измерения резьб различных размеров пользуются комплектами наконечников (один с вырезом второй с конусом) соответствующего размера. Предел использования данного комплекта указан на наконечниках. Так, например, клеймо М 3—4,5 показывает, что данным комплектом можно измерять метрические резьбы с шагом 3; 3,5; 4; 4,5 мм.

У микрометров с пределом измерений 0—25 мм нулевые деления на барабане и стебле микрометра совпадают при плотном прилегании наконечников друг к другу. У микрометров с пределом измерения 25—50 мм совпадение делений должно быть тогда, когда между наконечниками вставлен эталон А.

Проверка профиля резьбы. Форма профиля резьбы проверяется шаблоном. В случае необходимости в очень точном контроле применяются специальные микроскопы. Проверка нормальными резьбовыми калибрами. Неответственные резьбы удобно и просто контролировать с помощью калибров. Нормальным резьбовым кольцом проверяют наружный диаметр резьбы. Кольцо навинчивается на винт, и о точности резьбы судят по покачиванию кольца. Внутренний диаметр резьбы проверяют нормальной резьбовой пробкой. Гладкий конец нормального калибра служит для проверки диаметра отверстия под резьбу.

Проверка предельными резьбовыми калибрами. Точные резьбы контролируют с помощью предельных резьбовых калибров. Внутренняя резьба проверяется с помощью резьбового калибра-пробки. Проходной конец калибра должен полностью входить в резьбовое отверстие по всей его длине. Непроходной конец имеет 2—3 витка неполного профиля и не должен ввинчиваться в проверяемое отверстие.

Наружная резьба проверяется проходными резьбовыми кольцами, которые должны полностью навинчиваться на винт и зажиматься непроходной регулируемой скобой для проверки среднего диаметра. В массовом производстве для проверки наружной резьбы пользуются предельными резьбовыми скобами с двумя парами роликов.

Практическая работа № 40

Выбор измерительного средства для контроля изделий.

Цель работы: изучить правила выбора измерительного средства для контроля изделий.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Перечислите правила, учитываемые при выборе средств контроля изделий.
 - b. Произведите выбор средств для контроля размеров изделия, выбрав из предложенных.
 - c. Произведите измерения и запишите их.

При выборе средств измерений в первую очередь должно учитываться допустимое значение погрешности для данного измерения, установленное в соответствующих нормативных документах.

В случае, если допустимая погрешность не предусмотрена в соответствующих нормативных документах, предельно допустимая погрешность измерения должна быть регламентирована в технической документации на изделие.

При выборе средств измерения должны также учитываться:

- 1) допустимые отклонения;
- 2) методы проведения измерений и способы контроля. Главным критерием выбора средств измерений является соответствие средств измерения требованиям достоверности измерений, получения настоящих (действительных) значений измеряемых величин с заданной точностью при минимальных временных и материальных затратах.

Для оптимального выбора средств измерений необходимо обладать следующими исходными данными:

- 1) номинальным значением измеряемой величины;
- 2) величиной разности между максимальным и минимальным значением измеряемой величины, регламентируемой в нормативной документации;
- 3) сведениями об условиях проведения измерений.

Если необходимо выбрать измерительную систему, руководствуясь критерием точности, то ее погрешность должна вычисляться как сумма погрешностей всех элементов системы (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей), в соответствии с установленным для каждой системы законом.

Предварительный выбор средств измерений производится в соответствии с критерием точности, а при окончательном выборе средств измерений должны учитываться следующие требования:

- 1) к рабочей области значений величин, оказывающих влияние на процесс измерения;
- 2) к габаритам средства измерений;
- 3) к массе средства измерений;
- 4) к конструкции средства измерений.

При выборе средств измерений необходимо учитывать предпочтительность стандартизированных средств измерений.

Практическая работа № 41

Изучение правил проведения, оформление результатов поверки.

Цель работы: изучить правила проведения и оформления результатов поверки.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.

2. Ответьте на вопросы:

- a. В каком количестве оформляются результаты поверки приборов.
- b. Перечислите сведения, которые должны содержаться в протоколе поверки.
- c. Какие меры могут принять органы государственной метрологической службы и юридического лица, проводящие поверку.

Оформление результатов поверки

Протоколы поверки оформляются не менее чем в двух экземплярах. Один находится на месте эксплуатации средства измерения, другой – в поверительной лаборатории в архиве или в памяти ЭВМ. Протоколы должны содержать сведения:

1. о пользователе СИ, местонахождении и окружающей среде.
2. об изготовителе СИ, модели с серийным номером.
3. об области эксплуатации СИ, ее интенсивности и продолжительности.
4. о последней калибровке на стройке или ремонте, их дате и организации, которая проводила, о дате последней поверки.
5. о метрологических, технических и административных данных о СИ.
6. о методике поверки, наименовании и типе эталона.
7. о пригодности к применению СИ до и после поверки.
8. о поверителе и персонале, принимаемых участие в поверке.

По результатам анализа данных протокола поверки органы государственной метрологической службы и юридического лица, проводящие поверку, могут:

1. требовать изменения утверждающего типа, ограничения применения типа и анализирование утверждения типа.
2. информировать с согласия организации проводящие утверждение типа пользователя о необходимости внесения определенных изменений в методику поверки.
3. Предложить или приказать пользователю изменить процедуру обслуживания, область применения, межповерочный интервал, окружающие условия, обслуживающий персонал, либо провести сезонную настройку СИ.
4. Повысить требования к юридическим лицам, проводящим поверку или ремонт, а также потребность совершенствования или поведение данных работ, если они хотят продлить срок действия лицензии или аттестата аккредитации.
5. Требовать введения протоколов поверки для тех типов СИ, для которых методиками поверки это не предусмотрено.

Практическая работа № 42

Изучение причин инструментальной погрешности манометров.

Цель работы: Изучение и оценка причин формирования инструментальной погрешности в пружинных преобразователях давления.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните работу согласно алгоритма.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством манометров, в которых реализованы различные схемы преобразования давления в механическое перемещение.
2. Ознакомиться с устройством стенда для поверки манометров.
3. Начертить схему поверочного стенда.

4. Выполнить измерения давления газа на стенде одновременно при помощи образцового и поверяемого манометров в режимах подъёма и снижения давления.
5. Занести результаты измерений в таблицу.

Источники погрешностей в преобразующих устройствах манометров- шарниры рычажных и зубчатых передач.

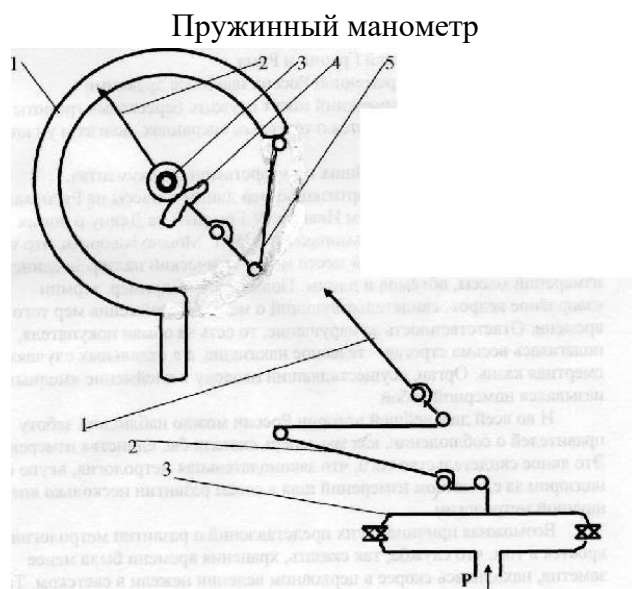


Рисунок 1. Схемы преобразователей давления

- 1 - пружина (трубка) Бурдона, 2 - показывающая стрелка, 3 - зубчатое колесо, 4 - зубчатый сегмент, 5 - рычажки, связывающие зубчатый сегмент с трубкой Бурдона.



- 1 – испытуемый манометр; 2 – рабочий эталон давления; 3 – краны; 4 – редуктор (регулятор давления); 5 – маховичёк регулятора давления; 6 – баллон с углекислым газом.

Показания поверяемого манометра и рабочего эталона при подъёме и понижении давления

№ п/п	Показания манометров при подъёме давления, МПа		Показания манометров при снижении давления, МПа	
	Рабочего эталона	Поверяемого	Рабочего эталона	Поверяемого
1				
2				
3				
4				
5				

Практическая работа № 43

Снятие метрологических характеристик при испытании термопреобразователя сопротивления.

Цель работы: изучение правил снятия метрологических характеристик при испытании термопреобразователя сопротивления.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Произведите замеры характеристик термопреобразователя сопротивления ТСМ и сделайте вывод о его пригодности к работе.

Стабильность метрологических характеристик термометра сопротивления

В ходе эксплуатации метрологические характеристики термопреобразователей сопротивления неизбежно изменяются. Скорость изменения зависит от многих факторов таких как: температура эксплуатации, скорость и частота изменений температуры, наличие химически активных веществ в измеряемой среде и т.д. В связи с этим для датчиков ТСПТ, ТСМТ, ТСПТ Ex, ТСМТ Ex введены группы условий эксплуатации и в зависимости от этой группы нормированы допустимые значения дрейфа метрологических характеристик термометров сопротивления.

РМГ-74 «МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ И МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ» предписывает определять интервал между поверками (ИМП) как период времени/наработки СИ за который изменение метрологических характеристик не превышает модуля класса допуска СИ, уменьшенного на систематическую погрешность измерений в ходе испытаний СИ.

Для термопреобразователя сопротивления определяющим фактором дрейфа является наработка датчика при повышенной температуре. Влияние старения на дрейф ТС практически не упоминается в научных публикациях. При этом общеизвестно что величина и скорость дрейфа ТС зависит от величины измеряемой температуры. Известно, что медные термопреобразователи сопротивления менее стабильны чем платиновые. Доминирующей причиной дрейфа, в условиях эксплуатации, не относящихся к экстремальным, является изменение физических свойств металлов под воздействием температуры, величина изменений зависит от значения максимальной температуры эксплуатации и длительности воздействия.

Предлагается при нормировании интервалов между поверками учитывать условия эксплуатации, разделив их по диапазонам измеряемых температур. Для каждого из диапазонов указывать свой интервал между поверками от одного года до пяти лет. Предлагаемая градация интервалов представлена рисунке 4.



Рисунок 4. Интервалы между поверками ТС

Кроме того, обращаем внимание на необходимость корреляции показателей надежности, устанавливаемых для датчика температуры с назначенным ИМП. Соответствие метрологических характеристик датчика температуры в течение ИМП присвоенному классу допуска при первичной поверке является принято считать одним из видов отказа. Однако, как отмечалось выше, ДТ в реальных условиях эксплуатации изменяет свои характеристики, а величина дрейфа нормируется в соответствии с РМГ-74. В связи с этим считаем целесообразным указывать в описании типа СИ и сопроводительной технической документации величину допустимого дрейфа датчика температуры за ИМП. Такой подход избавит потребителя от заблуждения о соответствии метрологических характеристик присвоенному классу допуска в течение всего ИМП и позволит рассчитать более реальный бюджет неопределенности измерений на объекте. Указание величины дрейфа за ИМП, отражает реальную картину и переводит её в разряд параметров, относящихся к видам отказа. В любом случае, наиболее корректным представляется назначение в качестве основного параметра надежности – вероятности безотказной работы датчика за ИМП. В этом случае логичным представляется и назначение срока гарантии равным ИМП.

Предельно допустимый дрейф метрологических характеристиктермопреобразователей сопротивления за интервал между поверками (ИМП) не превышает значений, приведенных в таблице 4.

Таблица 4. Дрейф метрологических характеристик термометра сопротивления

Тип	Класс допуска	Температура применения, °C		Группа условий эксплуатации	Дрейф за ИМП, °C
		от	до		
ТСМТ ТСМТ Ex	A, B, C	– 180	+200	II	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$
ТСПТ ТСПТ Ex	A, B, C	– 50	+300	I	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$
	AA	– 50	+150	II	$\pm (0,1 + 0,0017 \cdot t)$
		150	200	III	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$
ТСПТ ТСПТ Ex	B, C	– 196	– 50	II	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$
		300	450		
		450	600	III	
t – значение измеряемой температуры					

Таблица 5. Пределы допускаемых отклонений от НСХ

Тип датчика температуры	Класс допуска	Диапазон измерений ¹ , °C		Пределы допускаемых отклонений от НСХ, °C
		от	до	
ТСМТ ТСМТ Ex	A	–50	+120	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$
	B	–50	+200	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$
	C	–180	+200	$\pm (0,6 + 0,01 \cdot t)$
ТСПТ ТСПТ Ex	AA	– 50	+200	$\pm (0,10 + 0,0017 \cdot t)$
	A	–50	+300	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$
	B	–196	+600	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$
	C	–196	+600	$\pm (0,6 + 0,01 \cdot t)$
1 – Указаны предельные значения, конкретный диапазон, в зависимости от конструктивной модификации и наличия ИП, указан далее на страницах описания модификаций, а также приводится в паспорте и на шильдике датчика.				



Рисунок 5. Метрологические характеристики датчиков температуры ТСПТ, ТСМТ, ТСПТ Ex, ТСМТ Ex с выходным сигналом электрического сопротивления

Практическая работа № 45

Снятие метрологических характеристик при испытании датчика температуры: термопара.

Цель работы: изучение правил снятия метрологических характеристик при испытании

датчика температуры: термопара.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Перечислите проблемы сохранения метрологических характеристик у термопар.
 - b. Понятие «термоэлектрической неоднородности».
 - c. Назовите причины искажений градуировочной характеристики термопары.
 - d. Понятие и от чего зависит «сопротивление изоляции термопары».
 - e. Понятие и от чего зависит «гальванический эффект термопары».
 - f. Опишите процесс теплового шунтирования термопары.

Источники погрешности термопар

Принцип действия термопар и особенности преобразования и передачи сигнала приводят к следующим возможным проблемам при их эксплуатации, вызывающим ошибку в определении температуры:

1. Дефекты формирования рабочего спая термопары;
2. Возникновение термоэлектрической неоднородности по длине термоэлектродов и изменение градуировочной характеристики термопары;
3. Электрическое шунтирование проводников изоляцией и возможное возникновение гальванического эффекта;
4. Тепловое шунтирование;
5. Электрические шумы и утечки.

Искажение градуировочной характеристики термопары

Это наиболее серьезный и трудно диагностируемый источник погрешности, т.к. результат отсчета ТЭДС может показаться вполне приемлемым и в то же время быть ошибочным. Термоэлектрическая неоднородность может быть результатом диффузии примесей из окружающей атмосферы при высоких температурах, высокотемпературным отжигом или механической обработкой электродов. Она может образоваться в результате протягивания электродов, неосторожного обращения, ударов и вибраций, вызывающих напряжения в проволоке.

Изменение состава сплава может наблюдаться на отдельном участке проволоки, находящейся длительное время в зоне резкого температурного градиента. Однако неоднородность влияет на изменение градуировочной характеристики только в том случае, если она попадает в зону температурного градиента при измерении. Чем больше градиент температуры, тем больше погрешность, возникающая из-за неоднородности.

Один из способов уменьшения данной погрешности – сделать более плавным изменение температуры на длине термоэлектрода, например, используя металлические рукава и чехлы.

Сопротивление изоляции термопары

Сопротивление изоляции термоэлектродов уменьшается с повышением температуры по экспоненциальному закону. При высокой температуре, в отдельных случаях, этот эффект может привести к образованию так называемого «виртуального» спая, т.е. фактического замыкания электродов в средней точке термопары. Таким образом, термопара будет измерять температуру не в области рабочего спая, а температуру в средней области. При высоких температурах следует также очень тщательно подбирать материал для изоляции, т.к. примеси и химические вещества изоляции могут проникнуть в электроды и изменить их свойства.

Гальванический эффект

Красящие вещества, применяемые в некоторых видах изоляции, могут вызвать образование электролита при попадании воды. Это может привести в гальваническому эффекту, который по силе превышает эффект Зеебека. Необходимо принимать меры для защиты термопарной проволоки от вредной атмосферы, проникновения воды и других жидкостей.

Тепловое шунтирование

Необходимо помнить, что термопара, как и любой другой контактный датчик, при введении в объект измерения меняет его температуру. Поэтому, если объект мал, термопара тоже должна иметь малые размеры. Однако термопара, изготовленная из тонкой проволоки, более подвержена эффектам загрязнения, отжига, возникновения напряжений, электрическому шунтированию. Чтобы минимизировать эти эффекты применяют удлинительные провода, которые соединяют термоэлектроды термопары с измерительным вольтметром и имеют коэффициент Зеебека близкий к коэффициенту термопары данного типа. Обычно удлинительный провод имеет больший диаметр, его сопротивление, включенное последовательно с термоэлектродом, не вызывает потерь при передаче сигнала на длинные расстояния. Кроме того, удлинительный провод проще протянуть через подводящий измерительный канал, чем тонкую термопарную проволоку. Поскольку требования к допускам удлинительных проводов установлены только в узком интервале температур, и сам провод может быть подвержен механическим повреждениям и натяжению, следует обеспечить минимальный температурный градиент вдоль провода.

Практическая работа № 46

Снятие метрологических характеристик при испытании датчиков тока и напряжения.

Цель работы: изучение правил снятия метрологических характеристик при испытании датчиков тока и напряжения.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Выполните измерения в соответствии с п. 3.1 и заполните таблицу 1.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение принципа действия, схем включения и передаточных характеристик гальванически изолированных датчиков тока и напряжения.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Измерение тока с помощью шунта

При использовании в качестве первичного измерительного преобразователя шунт представляет собой сопротивление $R_{ш}$, включаемое последовательно в цепь измеряемого тока $I_{изм}$ (рис. 1). Падение напряжения на шунте $U_{ш}$ подается на измерительный прибор (вольтметр) или на усилитель (измерительную схему). Шунты обычно изготавливаются из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом сопротивления, благодаря чему его сопротивление практически остается постоянным.

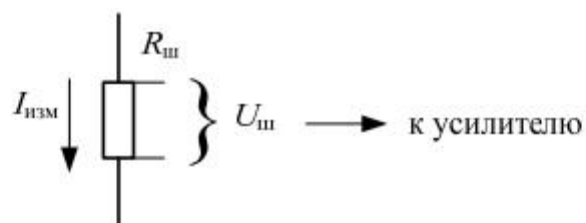


Рис. 1. Схема включения шунта

При схеме включения, показанной на рис. 1, шунт используется как преобразователь тока в напряжение, которое при условии $R_{ш} \ll R_{вх}$ определяется по формуле:

$$U_{ш} = R_{ш} \cdot I_{изм} = k \cdot I_{изм},$$

где $U_{ш}$ – выходное напряжение на шунте;

$R_{ш}$ – сопротивление шунта;

$I_{изм}$ – измеряемый ток;

k – коэффициент передачи шунта, В/А.

В зависимости от сопротивления шунта в качестве этого элемента могут быть использованы медный провод на катушке, металлическая пластина, нормализованный (стандартный) резистор с малым допуском отклонения сопротивления.

1.2. Гальваническая развязка

Большинство датчиков тока и напряжения, применяемые в промышленности для измерения больших токов, имеют гальваническую развязку первичных и вторичных цепей. Это необходимо для исключения протекания выравнивающих токов и других токов, способных повреждать компоненты вторичных цепей или поражать людей, прикасающихся к оборудованию вторичных цепей.

Гальваническая развязка – это передача энергии или сигнала между электрическими цепями без электрического контакта между ними. Прибор, обеспечивающий развязку, искусственно ограничивает передачу энергии из одной цепи в другую. В качестве такого прибора может использоваться трансформатор (магнитная развязка) или оптопара (оптическая развязка). В обоих случаях цепи оказываются электрически разделёнными, но между ними возможна передача энергии или сигналов.

У трансформатора первичная обмотка полностью изолирована от вторичной, поэтому между ними никаких токов возникнуть не может в принципе (кроме случаев пробоя и высокочастотных помех), хотя разность потенциалов в обмотках может быть очень большой.

Оптопары, как правило, обеспечивают напряжение изоляции между светодиодом и фототранзистором до 2500 В и более. Оптопары являются приемлемым выбором благодаря своей дешевизне по сравнению с трансформаторами. Основным недостатком оптопар является большой разброс передаточной функции от экземпляра к экземпляру.

1.3. Датчик тока с шунтом и опторазвязкой

Функциональная схема датчика тока с шунтом с опторазвязкой на основе микросхемы HCPL-7840 показана на рис. 2. Измеряемый ток протекает через резистор (шунт), а падение напряжения на этом резисторе подается на вход микросхемы HCPL-7840, которая представляет собой усилитель с гальванической развязкой.

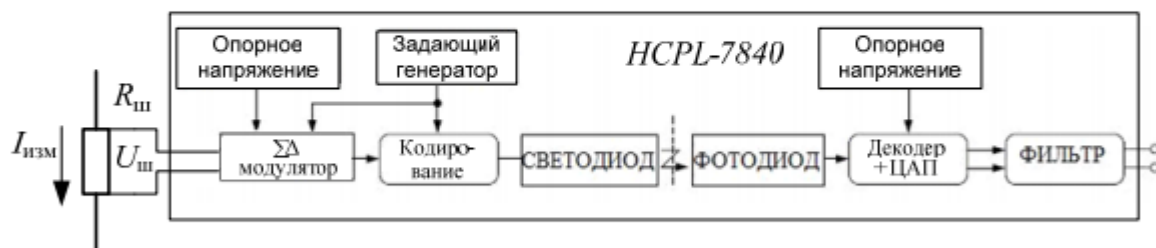


Рис. 2. Функциональная схема датчика тока с опторазвязкой

Напряжение на входе микросхемы в диапазоне ± 200 мВ преобразуется сигма-дельта модулятором в высокочастотный сигнал, кодируется и передается через оптопару. Затем сигнал преобразуется декодером и цифро-аналоговым преобразователем ЦАП в выходное напряжение в диапазоне $2,5 \pm 1,6$ В.

Датчик тока с опторазвязкой имеет ряд достоинств по сравнению с датчиком Холла: меньше по размерам, имеет лучшую линейность регулировочной характеристики.

Модулятор – это устройство для преобразования входного медленно изменяющегося сигнала в изменение параметров колебаний более высокой частоты. Частота выходного сигнала определяется частотой несущего (опорного) напряжения. Если напряжение описывается уравнением $U = U_m \cos(\omega t + \varphi_0)$, то амплитуда U_m , частота ω и начальная фаза φ_0 постоянны. Модуляция основывается на том, что один из параметров изменяется в соответствии с изменениями модулирующего сигнала низкой частоты.

По виду модуляции модуляторы бывают амплитудные, частотные, фазовые и импульсные. Исходя из того, какой параметр – амплитуда, фаза или частота – изменится, различают амплитудно-импульсную, фазо-, частотно- и широтно-импульсную модуляции.

Управление колебаниями модуляторов осуществляется нелинейным резистором или управляющим элементом, параметры которого изменяются в процессе модуляции.

Демодулятор – это устройство, производящее операцию, обратную модуляции, то есть выделяет низкочастотный сигнал из модулированного колебания.

К основным характеристикам амплитудных модуляторов и демодуляторов относятся характеристика управления, коэффициента преобразования, входное и выходное сопротивление, уровень собственных шумов, выходная мощность и динамические свойства.

1.4. Измерение тока с помощью преобразователя Холла

Датчики тока с преобразователем Холла основаны на использовании эффекта Холла, который был обнаружен в 1879 году американским физиком Эдвином Гербертом Холлом. **Эффект Холла** вызывается силой Лоренца, которая воздействует на подвижные носители зарядов в проводнике, когда на них действует магнитное поле перпендикулярно направлению тока.

На рис. 3 пояснен эффект Холла. Вдоль по тонкой пластине полупроводника течёт ток управления I_C . Магнитный поток B создает силу Лоренца F_L , направленную перпендикулярно движению зарядов (электронов), которые образуют ток. Это приводит к смещению электронов перпендикулярно направлению своего движения, поэтому вблизи одной грани возникает избыток носителей зарядов, а вблизи другой – недостаток, то есть возникает разница потенциалов, которую называют ЭДС Холла U_H , и которая находится по выражению:

$$U_H = \frac{K}{d} \cdot I_C \cdot B, \quad (1)$$

где K – константа Холла для материала пластины;
 d – толщина полупроводниковой пластины.

Такое устройство получило название **генератора Холла**. Генераторы Холла обладают определённой зависимостью чувствительности и начального выходного напряжения от температуры, тем не менее, эта зависимость может быть значительно компенсирована электронной схемой датчика тока.

Датчики Холла изготавливают на основе полупроводниковых материалов: кремния, германия, арсенида галлия и арсенида индия. В зависимости от конкретного материала датчики имеют различную чувствительность, ток управления и выходное напряжение. Существует два основных вида датчиков тока, основанных на эффекте Холла – датчики прямого усиления и датчики компенсационного типа.

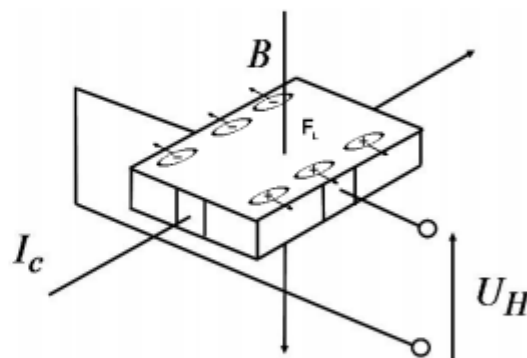


Рис. 3. Эффект Холла

3.1. Исследование датчика тока с преобразователем Холла LTS 6-NP на постоянном токе.

3.1.1. Проверьте схему электропитания блоков A1, A3, A8 и G1. Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

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

3.1.3. Установите переключатель рода тока на блоке A1 в положение «Постоянный ток». Для испытаний на постоянном токе установите выходное напряжение источника питания близким к нулю (по мультиметру или поворотом ручки в среднее положение).

3.1.4. Соедините блоки в соответствии со схемой электрической соединений, изображённой на рис. 8, б.

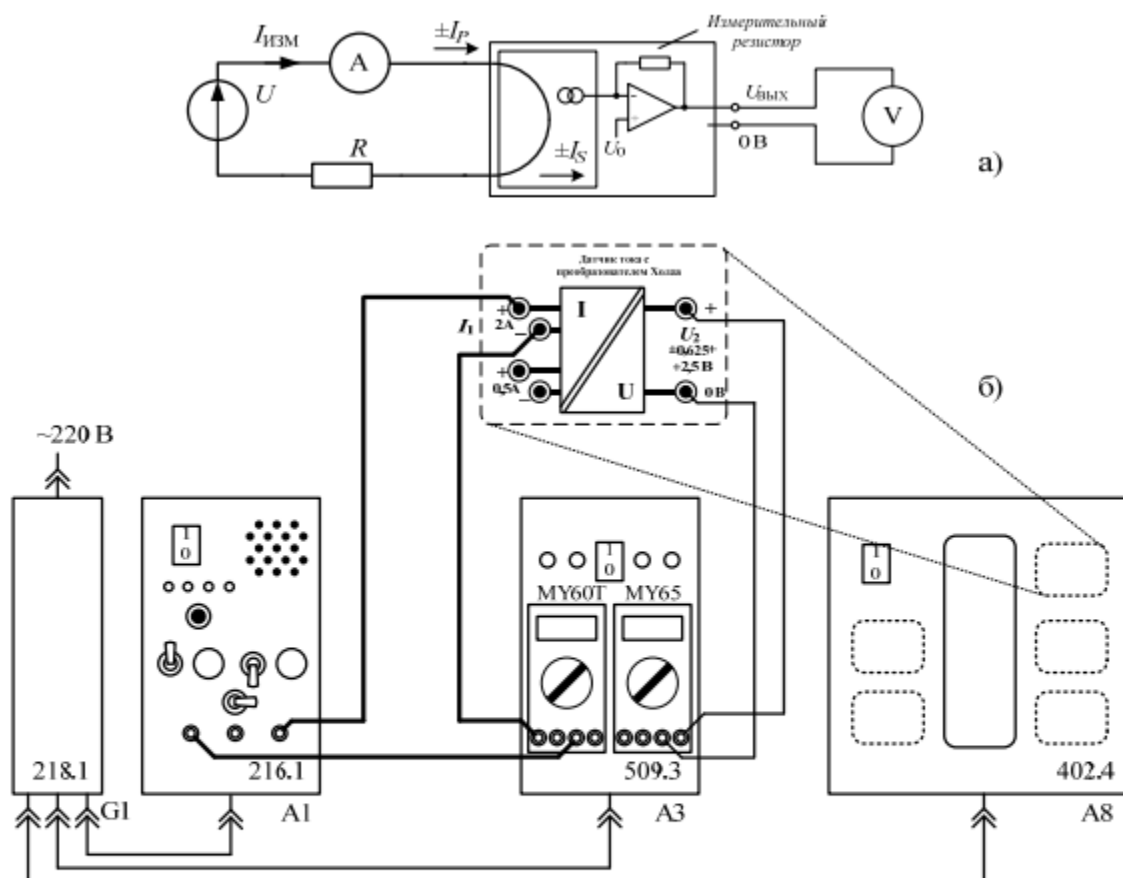


Рис. 8. Схема испытания датчика тока с преобразователем Холла (LTS 6-NP)

Мультиметр MY60T блока A3 измеряет ток на входе датчика на пределе измерения «10 А», а мультиметр MY65 – напряжение на выходе датчика на пределе измерения «20 В». Источник питания A1 задает постоянный ток в цепи из последовательно соединенных резистора номи-

налом 2 Ома (установлен в блоке А1), обмотки датчика тока (блок А8), входа измерения тока мультиметра МУ60Т (гнезда «10 А» и «СОМ», блок А3).

3.1.5. Установите переключатель диапазонов выходного напряжения источника питания А1 в положение «5 В/1,5 А».

3.1.6. Включите питание блоков А8, А3, А1.

3.1.7. Вращая регулятор выходного напряжения «Ампл.» источника питания А1 установите несколько значений тока $I_{\text{изм}}$ испытываемого датчика, измерьте выходной сигнал датчика и занесите результаты измерений в табл. 1 как $U_{\text{вых1}}$.

Внимание! Не допускается превышать указанные для выбранного предела («5 В/1,5 А») напряжения и токи нагрузки источника.

Таблица 1

$I_{\text{изм}}, \text{А}$	-1,5	-1,2	-0,9	...	1,5
$U_{\text{вых1}}, \text{В}$					
$U_{\text{вых1т}}, \text{В}$					
$\Delta U_{\text{вых1т}}, \text{В}$					
$\delta_1, \%$					

3.1.8. После завершения опыта отключите питание всех блоков.

Практическая работа № 47

Снятие метрологических характеристик при измерении давления с помощью электроконтактного манометра.

Цель работы: изучение правил снятия метрологических характеристик при измерении давления с помощью электроконтактного манометра.

Задание:

1. Внимательно изучите материал по теме.
2. Установите электроконтактный манометр на платформу грузопоршневого манометра.
3. Согласно инструкции и предела измерений рабочего манометра типа ЭКМ создайте давление в системе.
4. Снимите показания рабочего и образцового прибора.
5. Сделайте вывод о пригодности к дальнейшей эксплуатации прибора.
6. Показания и вывод запишите.



**Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»**

**«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджикасö велöдан канму учреждение**

РАССМОТРЕНО

на заседании МК «Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ О.В. Исакова

Контрольно-оценочное средство по дисциплине

МДК 01.01 Средства автоматизации и измерения технологического процесса

Форма контроля:	<u>промежуточная аттестация</u>
Форма промежуточной аттестации:	<u>экзамен</u>
Тип контрольного задания:	<u>билеты</u>
Проверяемые результаты обучения:	<u>У 1-16, 3 1-27</u>
Критерии оценки	

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	1. дан полный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. ответ самостоятельный.
«Хорошо» - 4	1. дан правильный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. допущены 2-3 не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, или некоторая неполнота ответа, шероховатость в изложении материала.
«Удовлетворительно» - 3	1. материал в основном изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки; 2. ответ неполный, построен несвязно, с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«Неудовлетворительно» - 2	ответ обнаруживает незнание или непонимание большей и наиболее существенной части учебного материала

Составитель:

Исакова О.В.

преподаватель дисциплин общепрофессионального
и профессионального цикла

Сыктывкар, 2019

Билет № 1

1. Виды исполнительных механизмов.
2. Решите задачу: произведите расчет конусной линейки для обтачивания конуса с размерами $D=32$ мм, $d=26$ мм, $L=120$ мм.

Билет № 2.

1. Поворотные заслонки (виды, назначение, достоинства и недостатки, применения, устройство и принцип действия).
2. Решите задачу: произведите расчет угла верхней части суппорта для изготовления конуса с размерами $D=20$ мм, $d=10$ мм, $L=100$ мм.

Билет № 3.

1. Электродвигатели (назначение, особенности конструкции и принцип действия, применение, классификация).
2. Решите задачу: определите силу резания при обработке углеродистой стали $\sigma_B=65$ кг/мм², при глубине резания $t=5$ мм, подаче $S=0,5$ мм/об.

Билет № 4.

1. Электрогидравлические исполнительные механизмы (виды, назначение, применение).
2. Решите задачу: определите глубину резания при сверлении, если диаметр обрабатываемой заготовки 25 мм.

Билет № 5.

1. Типы асинхронных трехфазных двигателей.
2. Решите задачу: определите глубину резания при обработке наружной цилиндрической поверхности, если диаметр обрабатываемой заготовки 45 мм, а диаметр обработанной заготовки 38 мм, обработка выполняется за один проход режущего инструмента.

Билет № 6.

1. Коммутационные приборы (виды, область применения).
2. Решите задачу: определите величину смещения задней бабки для обтачивания конической поверхности, если конусность $K = 1/100$, а длина конуса 300 мм.

Билет № 7.

1. Дисковые затворы (виды, область применения, принцип работы).
2. Решите задачу: мощность электродвигателя $N_{ст} = 6$ кВт. Выясните достаточно ли мощность станка, чтобы обработать вал из углеродистой стали $\sigma_B = 45$ кг/мм² ($\sigma_p = 150$), подача $S = 0,8$ мм/об, глубина резания $t = 3$ мм, скорость резания $V_{рез} = 30$ м/мин, КПД $\eta = 0,8$.

Билет № 8.

1. Электромагниты (виды, область применения).

2. Решите задачу: произведите расчет конусной линейки для обтачивания конуса с размерами $D=32$ мм, $d=26$ мм, $L=120$ мм.

Билет № 9.

1. Шаговый двигатель (назначение, устройство, применение).
2. Решите задачу: произведите расчет угла верхней части суппорта для изготовления конуса с размерами $D=20$ мм, $d=10$ мм, $L=100$ мм.

Билет № 10.

1. Приспособления и технологическая оснастка, используемые на ТВС.
2. Решите задачу: рассчитайте недостающие углы прямого проходного резца, если передний угол $\gamma = 8^\circ$, угол заострения $\beta = 70^\circ$.

Билет № 11.

Правила выбора баз, виды баз, принцип единства баз.

Решите задачу: определите силу резания при обработке углеродистой стали $\sigma_B=65$ кг/мм², при глубине резания $t=5$ мм, подаче $S=0,5$ мм/об.

Билет № 12.

1. Основы процесса резания металлов (элементы резания, основные движения, виды поверхностей при обработке резанием).
2. Перечислите виды легирующих элементов металлов.

Билет № 13.

1. Объясните понятие «Метрология».
2. Элементы режима резания металлов (понятия и формулы вычисления).

Билет № 14.

1. Классификация измерений (по зависимости от времени, по совокупностям измеряемых величин, по способу получения результата).
2. Основные неисправности, причины и способы устранения манометрических термометров.

Билет № 15.

1. Поясните методы измерений (непосредственной оценки, сравнения с мерой: нулевой и дифференциальный; метод противопоставления, замещения, совпадения).
2. Решите задачу: определите величину смещения задней бабки для обтачивания конической поверхности, если конусность $K = 2/100$, а длина конуса 500 мм.

Билет № 16.

1. Классификация КИП и А (по назначению, по характеру показаний, по форме представления показаний, по принципу действий, по условиям работы, по месту положения, по роду измеряемой величины).

2. Решите задачу: определите скорость резания, если обрабатываемый вал диаметром $D = 100$ мм вращается с числом оборотов в минуту $n = 150$ об/мин.

Билет № 17.

1. Погрешности измерений (классификация).
2. Решите задачу: определите площадь поперечного сечения среза f , если глубина резания $t = 2$ мм, а подача $S = 0,3$ об/мин.

Билет № 18.

1. Виды средств измерений.
2. Основные неисправности пружинных манометров и способы их устранения.

Билет № 19.

1. Структурные элементы средств измерений.
2. Решите задачу: рассчитайте недостающие углы прямого проходного резца, если передний угол $\gamma = 120$, угол заострения $\beta = 650$.

Билет № 20.

1. Термометры сопротивления (назначение, виды, область применения, устройство).
2. Перечислите виды стружек, образующихся после обработки заготовок.

Билет № 21.

1. Пирометры излучения (назначение, виды, область применения, устройство).
2. Перечислите требования к материалам, используемым для изготовления режущего инструмента.

Билет № 22.

1. Методы контроля качества приборов.
2. Перечислите виды штангенинструментов для измерения и контроля размеров.

Билет № 23.

1. Пневматический вторичный прибор типа ПВ (назначение, устройство, принцип работы).
2. Перечислите единицы измерения расхода.

Билет № 24.

1. Установка объемных и скоростных счетчиков жидкости и газа.
2. Классификация приборов давления.

Билет № 25.

1. Порядок поверки, калибровки и аттестации приборов и систем автоматики.
2. Решите задачу: переведите 1 кгс/см^2 в известные вам единицы измерения давления (бар, Па, мм рт. ст., мм. вод. ст., атм).



Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК «Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ О.В. Исакова

Комплект контрольно-оценочных средств по

МДК 01.02

Монтаж средств автоматизации

Форма контроля:

текущий

Тип контрольного задания:

практическая работа

Проверяемые результаты обучения:

ПК.1, ПК.2, ПК.3

ОК.1, ОК.2, ОК.3, ОК.4, ОК.5, ОК.6, ОК.7,

ОК.8, ОК.9, ОК.10, ОК.11

Критерии оценки

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	1. дан полный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. ответ самостоятельный.
«Хорошо» - 4	1. дан правильный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. допущены 2-3 незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, или некоторая неполнота ответа, шероховатость в изложении материала.
«Удовлетворительно» - 3	1. материал в основном изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки; 2. ответ неполный, построен несвязно, с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«Неудовлетворительно» - 2	ответ обнаруживает незнание или непонимание большей и наиболее существенной части учебного материала

Составитель:

Исакова О.В. преподаватель дисциплин общепрофессионального и профессионального цикла

Сыктывкар, 2019

Практическая работа № 1

Изучение инструкции по эксплуатации перфоратора марки ПЕ. 25650.

Цель работы	приобретение навыков работы с документами, сопровождающими оборудование.
Нормативные документы	руководство по эксплуатации перфоратора марки ПЕ. 25650.
Оборудование	перфоратор марки ПЕ. 25650

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Вид электроинструмента.
 - b. Основные узлы перфоратора.
 - c. Технические характеристики перфоратора марки ПЕ 25650.
 - d. Правила техники безопасности при работе с инструментом.
 - e. Правила выполнения работы.
3. Подготовьте перфоратор к работе.



Содержание

Внешний вид и составные части.....	3
Комплектность поставки	4
Технические характеристики	4
Правила по технике безопасности	6
Правила по эксплуатации оборудования	7

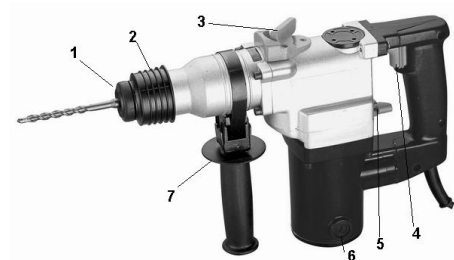
Техническое обслуживание	10
Срок службы	10
Гарантийное обязательство	10

Внимание! Электроинструменты **Энергомаш** относятся к бытовому классу электроинструмента. Внимательно прочтите данную инструкцию! После непрерывной работы в течение 15-20 минут необходимо выключить электроинструмент, возобновить работу можно через 5 минут! Профессиональная серия: время работы в неделю 45 часов

Не перегружайте мотор электроинструмента.

Внешний вид и составные части.

Внешний вид ПЕ-25650



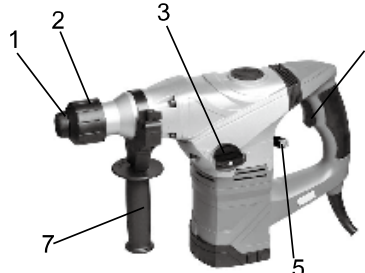
Внешний вид ПЕ-25900



Внешний вид ПЕ-25850



Внешний вид ПЕ-25180



1. Пылезащитный колпачок
2. Крепежный рукав
3. Выключатель режима сверления
4. Клавиша «Вкл» / «Выкл»
5. Выключатель режима долбления
6. Крышка угольной щетки
7. Рукоятка

Комплектность поставки

- Перфоратор
- 3 насадки SDS-Plus
- 2 насадки 14x250 мм (пики и зубило)
- Патрон для сверления
- Чемодан

Технические характеристики

Модели:	ПЕ-25650	ПЕ-25900	ПЕ-25850
Напряжение	230В~50 Гц	230В~50 Гц	230В~50 Гц

Мощность	650 Вт	900 Вт	850 Вт
Энергия удара, Дж	3,4	4,3	2,2
Скорость	800 об/мин 3150 ударов/мин	800 об/мин 3200 ударов/мин	0-880 об/мин 0-5180 ударов/мин
Функции	3 функции: Сверление/ долбление / удар	3 функции: Сверление/ долбление / удар	3 функции: Сверление/ долбление / удар
Максимальный диаметр сверления	26 мм в бетоне	26 мм в бетоне	26 мм в бетоне
Вес	5,0 кг	5,1 кг	3,5 кг
Тип (серия)	бытовой	бытовой	бытовой

Правила по технике безопасности

Электроинструменты являются оборудованием повышенной опасности. Пользуясь электроинструментом, чтобы не подвергаться опасности поражения током, травмы или возникновения пожара, следует СТРОГО соблюдать следующие основные правила техники безопасности. Прочитайте и запомните эти указания до того, как приступите к работе с электроинструментом. Храните указания по технике безопасности в надёжном месте.

Рабочее Место

Содержите рабочее место чистым и хорошо освещенным.

Загроможденные плохо освещенные рабочие места являются причиной травматизма.

Не используйте электроинструменты во взрывоопасных помещениях, таких где присутствуют огнеопасные жидкости, газы, или пыль. Электроинструменты создают искры, которые могут привести к возгоранию пыли или пара.

Держите детей, и посетителей на безопасном расстоянии от работающих электроинструментов.

Не отвлекайтесь – это может вызвать потерю контроля при работе и стать причиной травмы.

Электробезопасность

Перед включением проверьте соответствует ли напряжение питания Вашего электроинструмента сетевому напряжению; проверьте исправность кабеля, штепселя и розетки, в случае неисправности этих частей дальнейшая эксплуатация запрещается.

Электроинструменты с двойной изоляцией не требуют подключения через розетку с третьим заземленным проводом. Для электроинструментов без двойной изоляции подключение через розетку с заземленным проводом обязательно

Избегайте контакта тела с заземленными поверхностями типа труб, радиаторов, печей и холодильников. Риск удара током резко возрастает, если ваше тело соприкасается с заземленным объектом. Если использование электроинструмента во влажных местах неизбежно, ток к

электроинструменту должен подаваться через специальное устройство-прерыватель отключающее электроинструмент при утечке. Резиновые перчатки электрика и специальная обувь далее увеличат вашу личную безопасность.

Не подвергайте электроинструменты воздействию дождя или влажным условиям. Вода, попавшая в электроинструмент значительно увеличивает риск удара током.

Аккуратно обращайтесь электрошнуром. Никогда не используйте шнур, чтобы нести электроинструменты или тянуть штепсель из розетки. Держите шнур вдали от высокой температуры, масляных жидкостей, острых граней или движущихся частей. Замените поврежденные шнуры немедленно. Поврежденные шнуры увеличивают риск удара током.

При действии электроинструмента вне помещений, используйте электроудлинители специально предназначенные для применения вне помещения.

Личная Безопасность

Будьте внимательны, постоянно следите за тем что вы делаете, и используйте здравый смысл при работе с электроинструментом. Не используйте электроинструмент в то время как Вы утомлены или находитесь под воздействием лекарств или средств, замедляющих реакцию, а также алкоголя или наркотических веществ. Это может привести к серьезной травме.

Носите соответствующую одежду. Слишком свободная одежда, драгоценности или длинные распущенные волосы могут попасть в движущиеся части работающего электроинструмента. Держите ваши волосы, одежду, и перчатки далеко от двигающихся частей. Руки должны быть сухими, чистыми и свободными от следов маслянистых веществ.

Избегайте внезапного включения. Убедитесь, что клавиша включения/выключения находится в положении «выключено» («OFF») до включения электроинструмента в розетку. Запрещается перенос электроинструментов на вашем пальце помещенном на клавише включения/выключения.

Удалите регулировочные и/или установочные ключи перед включением электроинструмента. Оставленный ключ, попав в движущиеся части электроинструмента, может привести к поломке электроинструмента или серьезной травме.

Держите надежно равновесие. Используйте хорошую опору и всегда держите надежно баланс тела. Надлежащая опора и баланс позволяют обеспечить надежный контроль над электроинструментом в неожиданных ситуациях.

Используйте оборудование, обеспечивающее Вашу безопасность. Всегда носите защитные очки. Респиратор, нескользящие безопасные ботинки, каска, или наушники должны использоваться для соответствующих условий.

Правила по эксплуатации оборудования

Данное изделие можно эксплуатировать непрерывно на протяжении не более 15 минут, затем его необходимо выключить на 5 минут. Еженедельно рекомендуется работать с изделием на протяжении не более 20 часов. Профессиональная серия: время работы в неделю 45 часов

При соблюдении вышеуказанных рекомендаций срок эксплуатации составляет 3 года с момента покупки.

Использование электроинструмента и обслуживание

Используйте зажимы, стробцины, тиски или другой способ надежного крепления обрабатываемой детали. Удержание детали рукой или телом ненадежно и может привести к потере контроля и к поломке инструмента или травмам.

Не перегружайте электроинструмент. Используйте электроинструмент соответствующий

вашей работе. Правильно подобранный электроинструмент позволяет более качественно выполнить работу и обеспечивает большую безопасность.

Не используйте электроинструмент, если не работает клавиша «включения/выключения» («ON/OFF»). Любой электроинструмент, в котором неисправна клавиша включения/выключения, представляет **ПОВЫШЕННУЮ** опасность и должен быть отремонтирован до начала работы.

Отсоедините штепсель от источника электропитания перед проведением любых регулировок, замены аксессуаров или принадлежностей, или при хранении электроинструмента. Такие профилактические меры по обеспечению безопасности уменьшают риск случайного включения электроинструмента.

Храните электроинструменты вне досягаемости детей и других людей не имеющих навыков работы с электроинструментом. Электроинструменты опасны в руках пользователей не имеющих навыков.

Вовремя проводите необходимое обслуживание электроинструментов. Должным образом обслуженные электроинструменты, с острыми лезвиями позволяют более легко и качественно выполнять работу и повышают безопасность. Любое изменение или модификация запрещается, так как это может привести к поломке электроинструмента и/или травмам.

Регулярно проверяйте регулировки инструмента, а также на отсутствие деформаций рабочих частей, поломки частей, а также состояния электроинструмента, которые могут влиять на неправильную работу электроинструмента. Если есть повреждения, отремонтируйте электроинструмент перед началом работ. Много несчастных случаев вызваны плохо обслуженными электроинструментами. Составьте график периодического сервисного обслуживания вашего электроинструмента.

Используйте только принадлежности, которые рекомендуются изготовителем для вашей модели. Принадлежности, которые могут подходить для одного электроинструмента, могут стать опасными когда используется на другом электроинструменте.

Обслуживание

Обслуживание электроинструмента должно быть выполнено только квалифицированным персоналом уполномоченных сервисных центров. Обслуживание, выполненное неквалифицированным персоналом может стать причиной поломки инструмента и травм. Например: внутренние провода могут быть неправильно уложены и быть зажатыми, или пружины возврата в защитных кожухах неправильно установлена.

При обслуживании электроинструмента, используйте только рекомендованные сменные расходные части, насадки, аксессуары. Использование не рекомендованных расходных частей, насадок и аксессуаров может привести к поломке электроинструмента или травмам. Использование некоторых средств для чистки как бензин, аммиак, и т.д. приводят к повреждению пластмассовые части.

Включение и выключение

1. Нажмите на основной выключатель(4) для включения.
2. Быстро нажмите и отпустите основной выключатель.

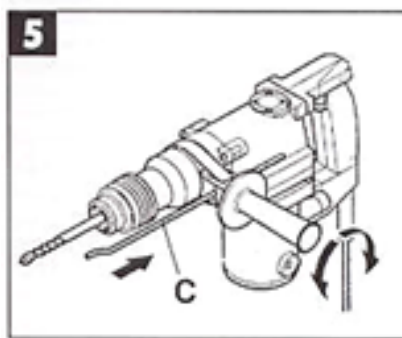
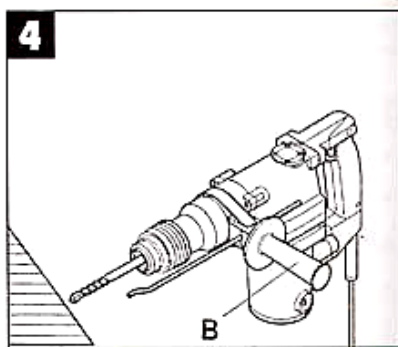
Использование рукоятки

В целях безопасности работайте перфоратором только с присоединенной рукояткой(7).

Вы можете выбрать удобное для вас положение рукоятки, ослабив винты крепления и повернув в нужном вам направлении. После этого затяните крепление ручки.

Использование ограничителя глубины

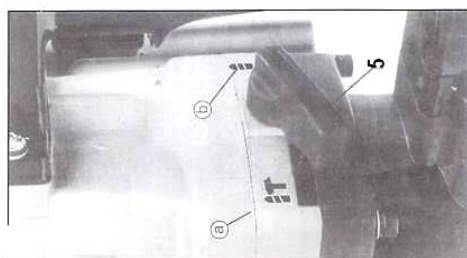
Данный аксессуар служит для сверления/долбления на заданную глубину.



Ослабьте крепление рукоятки и вставьте прямую часть ограничителя глубины в установочное отверстие. Установите требуемую глубину сверления. Закрепите крепление ручки.

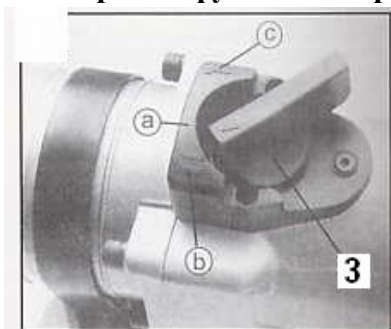
Блокировка функции долбления

Перфоратор оснащен функцией блокировки долбления с тем, чтобы облегчить сверление.



Для блокировки функции долбления поверните выключатель долбления(5) в положение (b). Для включения функции долбления верните переключатель в положение (a).

Блокировка функции сверления



Перфоратор оснащен функцией блокировки сверления.

Для этого поверните переключатель (3) в положение так чтобы метка(b) совпала со стрелкой (a).

При ударном сверлении не прилагайте чрезмерного усилия – это создает избыточную нагрузку на электродвигатель. Регулярно проверяйте сверла и насадки. И при необходимости затачивайте или заменяйте изношенные сверла и биты.

Техническое обслуживание

Правильное использование и постоянное техническое обслуживание продлевают срок службы изделия.

Регулярно очищайте вентиляционные отверстия на корпусе перфоратора от грязи и пыли. Регулярно протирайте корпусные детали мягкой х/б тряпкой.

Запрещается использовать различные виды растворителей для очистки корпусных деталей перфоратора.

Срок службы

Срок службы товаров составляет 3 года. Гарантийный срок согласно гарантийному талону.

Гарантийное обязательство

На перфораторы электрические распространяется гарантия согласно сроку указанному в гарантийном талоне.

Вы можете ознакомиться с правилами гарантийного обслуживания в гарантийном талоне.

Практическая работа № 2

Изучение инструкции по эксплуатации перфоратора марки MAKITA HR 2450.

Цель работы приобретение навыков работы с документами, сопровождающими оборудование.

Нормативные документы руководство по эксплуатации перфоратора марки MAKITA HR 2450.

Оборудование перфоратор марки MAKITA HR 2450

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Назначение инструмента.
 - b. Устройство инструмента.
 - c. Правила и порядок выполнения подготовки инструмента к различным видам работ.
 - d. Правила техники безопасности при работе с инструментом.
3. Подготовьте инструмент к работе.

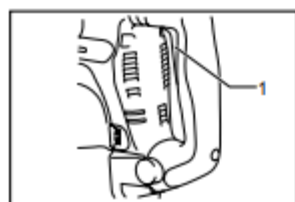
Электронный перфоратор HR2450

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

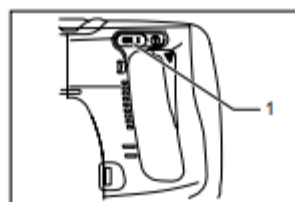


Технические характеристики

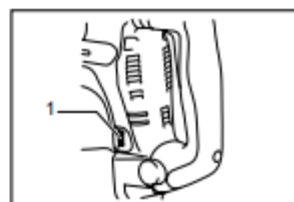
Модель	HR 2450	HR 2451	HR 2452
Максимальный диаметр сверления:			
Бетон	24 мм	24 мм	24 мм
Дерево	32 мм	32 мм	32 мм
Сталь	13 мм	13 мм	13 мм
Частота холостого хода (об/мин)	0 – 1,110	0 – 1,110	0 – 1,110
Количество ударов в минуту	0 – 4,500	0 – 4,500	4,500
Полная длина	360 мм	360 мм	360 мм
Масса	2.4 кг	2.4 кг	2.4 кг



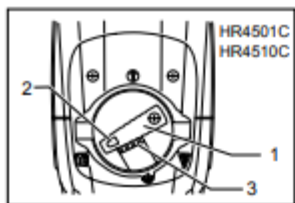
1 006307



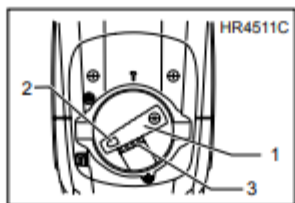
2 006308



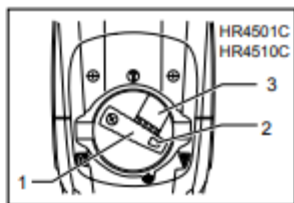
3 006334



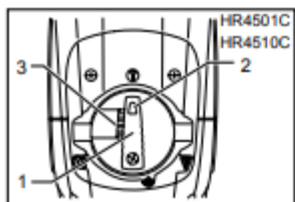
4 008359



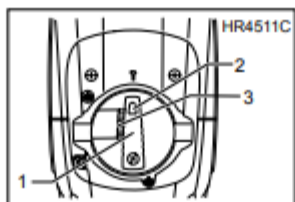
5 008365



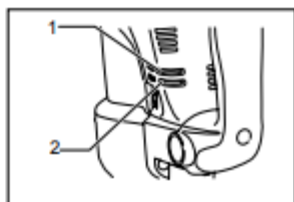
6 008360



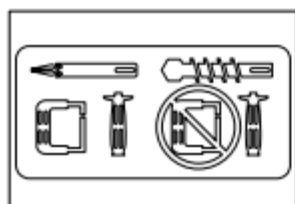
7 008361



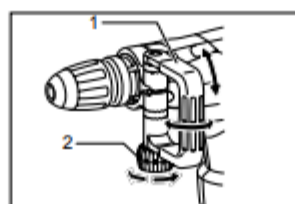
8 008366



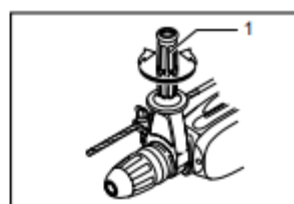
9 006314



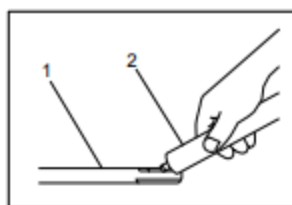
10 003139



11 006315

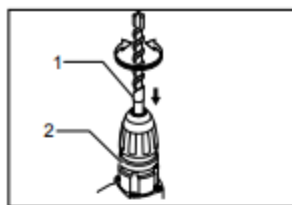


12 006316



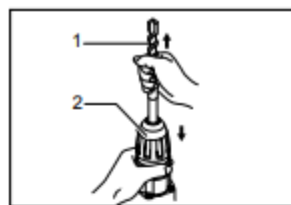
13

003150



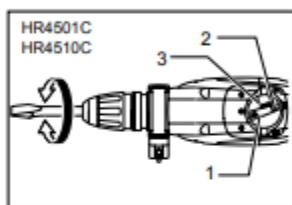
14

00318



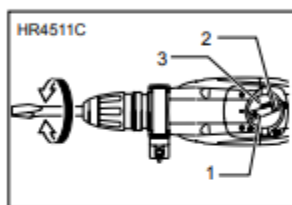
15

00333



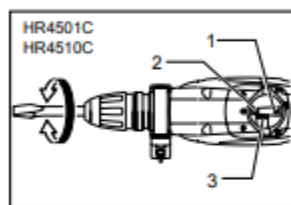
16

00362



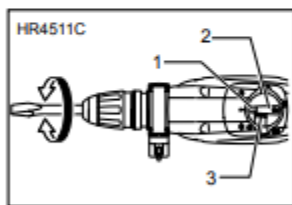
17

00367



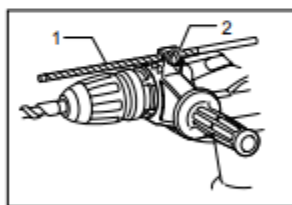
18

00363



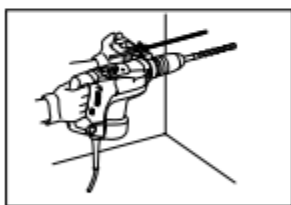
19

00368



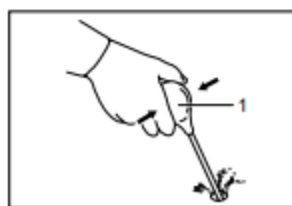
20

00323



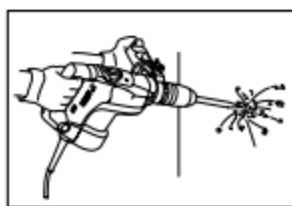
21

00324



22

00249



23

00325

Пояснение к рисункам

1. Зажим
2. Боковая ручка.
3. Зубья.
4. Выступы.
5. Ослабить.
6. Затянуть.
7. Хвостовик бура.

8. Смазка
9. Бур
10. Крышка держателя
11. Ограничитель глубины
12. Выключатель пуска
13. Блокировка выключателя
14. Переключатель направлений

15. Переключатель рода работ.
16. Резиновая груша
17. Пылезащитная чашка
18. SDS-plus переходник.
19. Сверлильный патрон.

Электропитание

Инструмент должен быть подключен к сети с напряжением, соответствующим напряжению, указанному на маркировочной табличке. Использование тока даже пониженного напряжения может привести к перегрузу инструмента. Род тока - переменный, однофазный. В соответствии с европейскими стандартами инструмент имеет двойную изоляцию и, следовательно, может быть подключен к незаземленным розеткам.

Меры безопасности

Для Вашей же безопасности, пожалуйста, следуйте инструкции по безопасности.

Дополнительные правила безопасности

1. Всегда используйте предохранительный шлем (каску), защитные очки и/или защитную маску, а также рекомендуем использовать противопылевой респиратор, ушные протекторы и толстые хлопчатобумажные перчатки.
2. Перед началом работ убедитесь в том, что сверло надежно зафиксировано в держателе.
3. Перед работой проверьте степень затяжки винтов. При нормальной работе машина вибрирует. Винты могут придти в ослабленное состояние, и может произойти авария или несчастный случай.
4. В холодное время года или после длительного хранения перед работой дайте перфоратору несколько минут поработать без нагрузки, это размягчит смазку, без которой работа в режиме удара будет невозможной.
5. Всегда следите за устойчивым положением ног. При работе на высоте убедитесь в отсутствии кого-либо под Вами.
6. Держите инструмент в руках крепко. Всегда используйте боковую ручку.
7. Не прикасайтесь руками к вращающимся частям инструмента.
8. Не направляйте перфоратор в направлении живых объектов. Бур может вылететь и нанести серьезные увечья.
9. Не оставляйте инструмент работающим без присмотра. Производите включение, только когда он находится в руках.
10. При работе в стенах и полах, где могут находиться токоведущие предметы, не прикасайтесь к металлическим частям инструмента. Во избежание поражения током при попадании на токоведущие предметы держите инструмент только за изолированные поверхности.
11. Не прикасайтесь к сверлу и образцу сразу после сверления. Они могут быть очень горячими и привести к ожогам.

Инструкция по эксплуатации

Боковая ручка (Рис. 1)

Для удерживания перфоратора в любом положении при сверлении боковая ручка может устанавливаться на перфоратор в любом положении. Ослабьте ручку, поворачивая ее против часовой стрелки. Затем, установите ее в заданном положении, и снова затяните, поворачивая ее по часовой стрелке.

Установка и удаление сверла

Перед установкой или удалением сверла или других расходных деталей, убедитесь в том, что инструмент выключен и отключен от источника питания.

Перед установкой бура тщательно очистите и смажьте его хвостовик прилагаемой смазкой для буров. (рис 2).

Вставьте бур в держатель, надавите на него и поверните его до зацепления с держателем (рис. 3). После установки убедитесь в надежности закрепления бура, пытаясь вытянуть его из держателя. Для извлечения бура потяните крышку держателя вниз и вытащите бур (рис 4).

Ограничитель глубины (Рис. 5)

Ограничитель глубины сверления используется для сверления отверстий одинаковой глубины. Ослабьте ручку зажима с помощью болта-барашка и вставьте ограничитель глубины в

отверстие в основании зажима. Отрегулируйте ограничитель глубины сверления до желаемой глубины и затяните ручку зажима с помощью болта-барашка.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ограничитель глубины сверления не может быть использован в положении, когда он касается корпуса редуктора.

Включение (Рис. 6)

Перед включением инструмента всегда проверяйте работоспособность переключателя, после отпускания он должен легко возвращаться в положение «Выключено».

Для HR 2450 и HR 2451

Чтобы включить инструмент, просто нажмите на выключатель пуска. Скорость вращения может плавно изменяться от 0 до максимальной скорости в зависимости от давления, приложенного к выключателю пуска. Чем больше давление, тем быстрее перфоратор вращается. Для выключения машины отпустите выключатель

Для продолжительной работы электроинструментом, нажмите на выключатель, а потом зафиксируйте его кнопкой блокировки выключателя. Для остановки инструмента нажмите на выключатель до конца, а потом отпустите его.

Для HR 2452

Чтобы включить инструмент, просто нажмите на выключатель пуска. Для выключения машины отпустите выключатель. Для продолжительной работы электроинструментом, нажмите на выключатель, а потом зафиксируйте его кнопкой блокировки выключателя. Для остановки инструмента нажмите на выключатель до конца, а потом отпустите его

Внимание:

- ✓ Перед началом работ проверьте правильность выбранного направления вращения.
- ✓ Производите смену направления вращения только после полной остановки мотора. Изменение направления вращения на машине с вращающимся валом приведет к поломке машины.
- ✓ Не нажимайте на выключатель пуска, если переключатель направления вращения находится в нейтральном положении. Не прилагайте силу при переключении направления вращения. Это приведет к поломке выключателя.

Выбор рода работ (Рис. 8)

Эта машина имеет переключатель рода работ. С его помощью Вы можете выбрать один из двух видов работ. Для вращения без удара поверните рычаг переключателя рода работ в положение, отмеченное символом «сверло», а для вращения с ударом поверните рычаг переключателя рода работ в положение, отмеченное символом «молот».

Внимание:

Перед включением машины убедитесь в том, что переключатель находится точно в одном из положений. Если он находится между ними, включение машины может привести к повреждению машины.

Предохранительная муфта

Предохранительная муфта включится, когда машина достигнет определенного момента вращения, в этот момент она отсоединит мотор от вала. Когда это произойдет, бур перестанет

вращаться.

Внимание:

- ✓ Как только муфта сработает, немедленно выключите машину. Это позволит Вам избежать перегруза электродвигателя.
- ✓ Кольцевые сверла, керновые буры, алмазные коронки не могут использоваться с этим инструментом, так как они имеют свойство зацепляться за образец и испытывать при этом удар, что в свою очередь приводит к выходу из строя ограничительной муфты.

Сверление с ударом

Расположите бур в месте, выбранном для сверления, и нажмите на выключатель пуска.

Не прикладывайте силу к перфоратору. Легкое давление дает наилучший результат. Крепко держите перфоратор, и не позволяйте ему соскальзывать с намеченной точки.

Когда отверстие станет наполняться пылью и крошками не прикладывайте дополнительного давления, а наоборот, на холостом ходу частично выньте бур из отверстия. Повторив эту операцию несколько раз, Вы очистите отверстие от частиц и крошек, что позволит Вам продолжить эффективное сверление.

Внимание:

Очень большая и неожиданная сила вращения, приложенная к перфоратору, может возникнуть при засорении канала частицами, или при попадании бура на арматурный прут. Поэтому всегда пользуйтесь дополнительной боковой ручкой, крепко удерживая перфоратор во время сверления за обе рукоятки. Не выполнение этого требования ведет к потере управления перфоратором, что может вызвать серьезные травмы.

Смазка бура

Перед установкой бура очистите его хвостовик и смажьте его смазкой для буров (около 0.5 – 1 г). Использование смазки смягчит работу перфоратора и продлит его срок эксплуатации.

Резиновая груша (Рис. 9)

Используйте ее для прочистки канала от пыли и более крупных частиц.

Пылезащитная чашка (Рис. 10)

При сверлении отверстий, расположенных над оператором, используйте пылезащитную чашку для предохранения перфоратора и оператора от падающей пыли. Наденьте ее на бур, как показано на (рис. 10). Чашка № 5 может устанавливаться на бур диаметром от 6 мм до 14.5 мм, а чашка № 9 на бур от 12 мм до 16 мм.

Сверление дерева и металлов (Рис. 11)

Для этого используйте сверлильный патрон в сборе, который поставляется отдельно, (состоящий из сверлильного патрона и переходника). При его установке используйте раздел инструкции «установка и удаление сверла». Установите переключатель рода работ в положение «сверление без удара». Вы можете сверлить отверстия до 13 мм в металле и до 32 мм в дереве.

Внимание:

- ✓ При использовании сверлильного патрона никогда не используйте положения «сверление с ударом» - это может привести к повреждению патрона. В модели HR 2440 также запрещается использовать сверление против часовой стрелки.

- ✓ Сильное нажатие на инструмент не ускорит процесс сверления, но может привести к поломке конца сверла и снизит срок эксплуатации инструмента.
- ✓ Очень большая вращающая сила действует на сверло при его прохождении через материал. Поэтому при сверлении держите инструмент крепко и нажимайте на него аккуратно. Используйте обе руки для управления электроинструментом.
- ✓ Зажатое в металле сверло можно легко освободить, используя обратное направление вращения. При этом держите инструмент крепко в руках.
- ✓ При сверлении небольших по размеру образцов используйте тиски.

Обслуживание

ВНИМАНИЕ: Перед началом любых работ убедитесь, что машина выключена и отключена от сети.

Для безопасной и надежной работы инструмента, помните, что ремонт, обслуживание и регулировка инструмента должны проводиться в условиях сервисных центров фирмы «МАКИТА» с использованием только оригинальных запасных частей и расходных материалов.

Практическая работа № 3

Подбор буров для перфоратора под массу несущей конструкции.

Цель работы	приобретение навыков работы с документами, сопровождающими оборудование.
Нормативные документы	руководство по эксплуатации перфоратора марки MAKITA HR 2450.
Оборудование	перфоратор марки MAKITA HR 2450

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Характеристики буров для перфоратора, размеры.
 - b. Как выбрать бур для перфоратора?
 - c. Чем бур отличается от сверла?
 - d. Типы хвостовиков буров для перфоратора.
 - e. Основные параметры бура.
 - f. Размеры буров для перфоратора.
 - g. Бур по бетону для перфоратора.
 - h. Специфические буры перфораторов для работы по бетону.
 - i. Бур по дереву для перфоратора.

Бур – это металлический инструмент, использующийся для сверления отверстий необходимого размера в изделиях из бетона, кирпича и др. каменных материалов. Применяются с перфоратором в качестве его рабочей части при выполнении строительных и ремонтных работ.

Буры различаются по виду, мощности инструмента, с которым они используются, а также по типу хвостовика и крутизне резьбы.



Характеристики буров для перфоратора

Каждое строительное предприятие не обходится без сверления стен, пола, различной мебели, потолков и других материалов. Если для небольших задач (повесить картину, полку, вешалку) в деревянном и кирпичном жилище используется дрель, то при работе в панельных домах необходим перфоратор. Кроме возможности сверления, он включает в себя функции отбойного молотка. В случае с перфоратором в качестве насадки применяется бур. Особенности различных буров для перфоратора являются: специальная конструкция устройства спирали; внутренняя полость внутри стержня; изготовление основной части из прочного сплава; существование множества различий в количестве режущих кромок.

Главным отличием бура от сверла является наличие хвостовика, который позволяет ему надежно крепиться в перфораторе. Благодаря всем этим особенностям пыль и твердые частицы материала, подвергающегося сверлению, отсеиваются, и не мешают работе инструмента.

Также буры имеют несколько различий в хвостовиках. Они используются для работы с разными перфораторами: «SDS+» – используется в союзе с бытовыми перфораторами. Его диаметр доходит до 18 mm. «SDS-max» — используется профессионалами, с диаметром крепежной части более 18 mm. Производителями буров в основном являются китайцы. Такие буры имеют разъем стандартных параметров – SDS-plus. Они подходят под любой перфоратор. Однако для дрели буры непригодны, и насильно вставить их в патрон не получится. Очень важные следующие характеристики буров, используемых для перфоратора: диаметр, длина – отражает способность бура проделывать отверстия необходимой глубины. С учетом особенностей применения инструмента, буры создаются с усиленным типом конструкции, двойной спиралевидной формы, поэтому они не ломаются и служат долгое время без каких-либо неисправностей. Наконечники буров сделаны из прочнейшего сплава — ВК8. Это позволяет работать продолжительное время с материалами повышенной прочности.



При обозначении размеров и диаметра бура используют такое цифровое обозначение – 5,5x110, или 6x160. Это означает, что диаметр бура равен 6 mm, а длина – 160mm. В характеристиках пишут еще и рабочую длину. Она меньше основной примерно на 130 mm. Диаметр бура может принимать значение как 4 mm, так и доходить до 30. Выбор каждого из них зависит от поставленных перед инструментом задач. Часто используются диаметры 6 и 10 mm. Этого вполне достаточно для того, чтобы повесить картину или вмонтировать небольшую плиту. Нужно помнить, что диаметр отверстия сверлится того же диаметра, что и у дюбеля.

Как выбрать бур для перфоратора?

Определяясь стоит ознакомиться с некоторыми особенностями каждой их разновидности. Например, чем круче спираль, тем больше должна быть скорость бурения, и глубже отверстие. Это позволяет выработанным материалам быстрее удаляться из рабочей зоны. Также следует учитывать задачи, стоящие перед инструментом, и советы профессиональных строителей.

Для бурения на небольшую глубину нужно применять изделия с более пологим

расположением спирали. Такие инструменты являются наиболее прочными и долговечными.

Как же выбрать насадку для конкретного перфоратора?

В зависимости от задач использования, буры можно подразделить на три типа:

- a. Шнековые – идеально подходят для сверления на большую глубину. Используются при создании множества отверстий. Вследствие особенностей конструкции бур хорошо устраняет пыль, снижая нагрузку на инструмент и уменьшая время работы. Имеющие большой угол наклона канавки – позволяют сохранять высокую производительность и скорость сверления. При этом на сам перфоратор приходится большая доля нагрузки, чем при использовании шнековых буров.
- b. С небольшим углом – подходят для долговременного применения с незначительными усилиями. С помощью них создается большое количество отверстий малых глубин.
- c. Коронки – применяются для создания более широких отверстий. Например, под трубы и электрофурнитуру. Особенность конструкции таких буров заключается в креплении к их основанию стакана с резцами.

Чтобы перфоратор служил долго и эффективно, необходимо в процессе работы использовать специальную смазку. Она наносится на патрон инструмента и сам бур.

Также все буры для перфораторов, используемые для бетонных материалов, делятся на два вида:

- a. Проломные – используются для проделывания отверстий больших диаметров в бетонных изделиях.
- b. Проходные – являются самыми мощными и производительными бурами. Могут использоваться для проделывания отверстий в несущих стенах многоэтажных зданий, к примеру.

Чем бур отличается от сверла?

Буром можно назвать сверло, имеющее одну отличительную особенность – хвостовик у него оснащен специальной канавкой. Это означает, что его нельзя использовать с дрелью.

Также отличительными особенностями каждого бура являются: большая жесткость, позволяющая работать с очень прочными материалами; высокая производительность, т.к. сверление сочетается с ударом.

Для каждого материала (бетон, кирпич, металл) используются разные буры, обладающие специфическими характеристиками.

Типы хвостовиков буров для перфоратора



Профессионалы используют буры с хвостовиками, имеющими специальную крепежную систему. Благодаря этому обеспечивается быстрая смена старого бура на новый.

Всего существует 5 таких систем:

- a. SDS – располагается на бурах диаметром 10 см, и оборудован 2-мя канавками.
- b. SDS-plus – является более популярным видом хвостовиков. Он может иметь от 0,4 до 2,5 см диаметра. Используется для проделывания отверстий в больших строительных плитах.
- c. SDS-max – встречается на бурах диаметром от 20 до 80 см. Популярен и чаще всего

используется с перфораторами большого веса.

- d. SDS-top – имеет диаметр 1,4 см и 4 паза. Бур с таким хвостовиком используется с перфораторами средней массы.
- e. SDS-quick – имеет одну особенность: на месте пазов есть выступы. Применяется в редких случаях. Наконечник выполнен из специального сплава, обладающего высокой твердостью. Однако, может использоваться лишь одноразово.

Также можно разделить хвостовики в зависимости от назначения изделия:

Буры для проделывания небольших отверстий оснащены наконечником, кромка которого немного скруглена. Это повышает степень надежности инструмента.

Изделия для сверления отверстий побольше (например, под розетки) имеют специальные коронки, которые позволяют отработанному материалу задерживаться в их внутренней полости.

Их можно разделить на две группы: предназначенные для сухого бурения и алмазные.

Основные параметры бура

Чтобы поближе познакомиться с основными параметрами бура, необходимо сначала подробнее разобраться в его устройстве:

Хвостовик – служит износостойки элемента и выполнен из высокопрочной стали. Он вставляется в ту часть перфоратора, которая называется патроном. Именно хвостовик служит основной отличительной чертой бура.

Рабочая часть – выполняет непосредственно процесс сверления и имеет различные формы. Изготавливается из особого сплава металлов, обеспечивающих высокую прочность изделия.

Напайка – является режущим элементом бура, которая также влияет на скорость и качество работы. Выполнена из твердого сплава, и может иметь различия в количестве рабочих кромок. Ресурс бура полностью зависит от степени износа напайки.

Размеры буров для перфоратора

Размеры буров характеризуются в основном тремя величинами – диаметром, основной и рабочей длиной.

Выбор диаметра зависит от планируемой задачи:

- ✓ для работы дома – 6, 8 и 10 mm.
- ✓ для крепежа крупных систем и конструкций – 10 и 20 mm.

В первом случае – для дюбеля, во втором – для анкерного болта. Диаметр дюбеля должен всегда совпадать с диаметром отверстия. Длина бура может варьироваться в достаточно широком диапазоне.

Бур по бетону для перфоратора

Составляющими инструмента являются:

- ✓ спиралевидный стержень;
- ✓ хвостовик;
- ✓ режущая часть.

Все буры можно разделить на:

- a. Самозатачивающиеся – шлам удаляется очень быстро. Предназначены для бурения отверстий большой глубины. В большинстве случаев прекрасно сходятся с хвостовиками SDS-plus. Являются незаменимыми при монтаже конструкций средней тяжести.
- b. Спиральные – имеют большие диаметры сверления. Применяются при демонтаже толстых стен и в масштабных строительных работах.
- c. Пологие – бурят отверстия малой глубины. Также в процессе работы требуют большого количества усилий, прилагаемых к инструменту.

Для увеличения качественных показателей строительных работ с применением перфоратора, стоит ознакомиться с некоторыми советами специалистов:

1. Использовать ту скорость работы инструмента, которая рекомендована изготовителем;
2. Каждые 10 секунд бур необходимо доставать из отверстия во избежание его перегрева;
3. Перед началом работы следует капнуть немного масла на патрон перфоратора и хвостовик;
4. Нужно постоянно следить за точным выдерживанием оси бурения, иначе инструмент может сломаться;
5. Для бетона с большим количеством арматуры нужно использовать бур с алмазным напылением.

Специфические буры перфораторов для работы по бетону

К числу специфических буров, используемых в определенных видах работы, относятся:

- a. Коронка – применяется при прокладывании электропроводов;
- b. Зубило, имеющее вид пики и легко разрушающее бетон;
- c. Плоское долото – используется для точечной отколки бетона;
- d. Канальный бур – значительно облегчает работы по проведению электропроводки.

Выбор подходящего бура для перфоратора по бетону должен отвечать требованиям прочности, безопасности и надежности. Это способно гарантировать высокое качество работ.

Выбор

Приобретая буры для перфоратора по бетону, стоит помнить – это расходный элемент, который не подлежит ремонту. Именно поэтому они продаются в составе наборов.

Ценовые категории буров

В зависимости от ценовой категории, буры можно разделить на:

- a. Дешевые – не обладают высокими показателями качества и прочности, используемые для одноразовых работ;
- b. Бытовые – имеющие достаточно неплохие показатели надежности;
- c. Профессиональные – достойны самых высоких критериев оценки.

Разовые изделия - обычно они продаются в наборах по 10 штук. Для более длительных работ лучше приобрести дорогие буры.

Бур по дереву для перфоратора

Для просверливания отверстий в деревянных изделиях используются сверла. Однако, в некоторых случаях применяют более производительный бур. К тому же он имеет ряд преимуществ: ускоренное удаление стружки; винтовой самовращающийся наконечник не требует приложения больших усилий; благодаря применению резца чистого сверления, просверливаемая древесина не разрушается.

Практическая работа № 4

Изучение инструкции по эксплуатации электродрели марок ESR 913C и ESR 723C

Цель работы	приобретение навыков работы с документами, сопровождающими оборудование.
Нормативные документы	руководство по эксплуатации электродрели марок ESR 913C и ESR 723C.
Оборудование	электродрели марок ESR 913C и ESR 723C.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):

- a. Назначение и устройство инструмента.
 - b. Сформулируйте правила техники безопасности при работе с инструментом.
 - c. Изучите технические характеристики.
 - d. Опишите подготовку и правила работы с инструментом.
3. Подготовьте инструмент к работе.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОДРЕЛИ ESR 913C И ESR 723C.



Рис.1

1. Ограничитель глубины сверления
2. Самозажимной патрон
3. Боковая ручка
4. Торсионная муфта
5. Переключатель скоростей
6. Две биты (отвертки)
7. Рычаг смены направления вращения
8. Электронный регулятор оборотов
9. Выключатель
10. Кнопка для фиксации выключателя
11. Прорезиненная рукоятка
12. Сетевой шнур

Введение

Данный инструмент совмещает в одной модели три различные функции, это 1) дрель, 2) дрель с ударом, 3) шуруповерт.

Также он обладает идеальной комбинацией мощности и скорости вращения, необходимых как для сверления, так и для ввинчивания шурупов. Дрель оснащена планетарным редуктором, который позволяет при меньшей потребляемой мощности давать большие значения мощности на выходе.

Общие правила безопасности

Личная безопасность

1. Используйте защитные очки. При высокой запыленности пользуйтесь специальной маской-фильтром.
2. Носите подходящую спецодежду. Не рекомендуется носить свободную одежду и украшения, которые могут зацепиться за вращающиеся части инструмента.
3. При работе на открытом воздухе рекомендуется надевать защитные перчатки и нескользящую обувь. Если у вас длинные волосы, их следует прикрыть.
4. Будьте внимательны. Следите за тем, что вы делаете. Руководствуйтесь здравым смыслом. Не работайте с инструментом, если вы устали.
5. Учитывайте влияние окружающей среды. Не подвергайте инструмент воздействию влаги. Не пользуйтесь инструментом при высокой влажности окружающей среды.
6. Позаботьтесь о хорошей освещенности рабочего места.
7. Следите, чтобы питающий кабель находился вне зоны действия инструмента.
8. Проверьте, имеются ли видимые повреждения на корпусе инструмента, а также исправность всех функций и механизмов.
9. Если какие-либо части повреждены, их следует починить или заменить в официальном центре обслуживания и ремонта инструмента.
10. Будьте внимательны. При работе стремитесь, чтобы положение Вашего тела было всегда устойчивым и безопасным.

Рабочее место

1. Соблюдайте порядок на рабочем месте. Беспорядок на рабочем месте приводит к возникновению опасности несчастного случая.
2. Заботьтесь об окружающей среде Вашего рабочего места.
3. Учитывайте влияние окружающей среды. Не подвергайте инструмент воздействию влаги. Не пользуйтесь инструментом при высокой влажности окружающей среды. Позаботьтесь о хорошей освещенности рабочего места.
4. Берегитесь поражения электрическим током. Избегайте контакта тела с заземленными конструкциями, например, с трубами, радиаторами.
5. Прячьте инструменты подальше от детей. Не разрешайте посторонним прикасаться к электроинструментам и питающим проводам, не подпускайте их близко к Вашему рабочему месту.
6. Не пользуйтесь электроинструментами вблизи легковоспламеняющихся жидкостей, а также в газообразной, взрывоопасной среде.
7. Соблюдайте величайшую осторожность. При сверлении стен, потолков или прочих мест, где может находиться электропроводка, следует иметь в виду, что металлические части инструмента не изолированы от дрели. Необходимо соблюдать осторожность, чтобы не задеть провода.

Электропитание

Инструмент должен быть подключен к сети с напряжением, соответствующим напряжению, указанному на маркировочной табличке.

Использование тока пониженного напряжения может привести к перегрузке инструмента.

Род тока - переменный, однофазный. В соответствии с европейскими стандартами инструмент имеет двойную степень защиты от поражения током и, следовательно, может быть подключен к незаземленным розеткам.

Технические характеристики

Модель	ESR 913C	ESR 723C
Наибольший диаметр сверления (мм): сталь древесина бетон	13 40 20	13 30 15
Скорость вращения под нагрузкой (об/мин): 1 скорость (только шуруповёрт) 2 скорость (сверление, сверление с ударом)	0 – 530 0 – 1700	0 – 530 0 – 1750
Номинальная мощность (Вт)	910	750
Число ударов (уд/мин)	22100	22100
Патрон-диаметр зажима (мм)	13	13
Левое - правое вращение	Да	Да
Масса (кг)	2,2	2,1
Шпиндель	½ 20 UNF	½ 20 UNF



Особенности инструмента

Электронный регулятор оборотов

Дрель оснащена плавным регулятором оборотов двигателя.

Регулировка осуществляется путём нажатия на выключатель (поз1, рис.2). Чем сильнее происходит нажатие, тем выше обороты.

Верхний предел величины оборотов можно изменить с помощью специального регулятора, расположенного на выключателе (поз.2, рис.2).

Для увеличения верхнего предела числа оборотов, вращайте регулятор в сторону знака “+”, для уменьшения, оборотов в сторону знака “-“, которые расположены на курке.

Данная функция позволяет без труда точно и в нужном месте произвести предварительное засверливание отверстия. Например: если начинать процесс сверления на высоких оборотах, то за счёт быстрого вращения сверла центр отверстия может быть смещен относительно заранее намеченной точки А.

С помощью электронного регулятора мы на низких оборотах осуществляем предварительное засверливание.

Убедившись, что отверстие получилось в том месте, где бы мы хотели его увидеть, увеличиваем обороты до максимального значения, рекомендованного при сверлении данного материала.

При закручивании шурупов, так же полезно использовать данную функцию – это повышает удобство и гарантирует большую безопасность.

Для обеспечения максимального срока службы регулятора используйте переменную скорость только в начале сверления. Продолжительная работа на малых оборотах может вывести регулятор из строя.

Переключатель прямого/обратного хода (реверс)

Данный переключатель определяет направление вращения инструмента. Режим, когда рычаг (поз.3, рис.3) переключателя находится в положении прямого хода, предназначен для

сверления и закручивания шурупов (болтов).

Режим обратного хода (пол.4, рис.4) служит для выворачивания шурупов и откручивания болтов, а также его можно применить при извлечении сверла из плотного или глубоко просверленного отверстия (при зажатии сверла в заготовке).



Если инструмент используется в первый раз, после изменения направления вращения, при запуске, вы можете услышать щелкающий звук – это нормально и не означает, что появились проблемы.

Торсионная муфта (регулировка крутящего момента)



Торсионная муфта вашего инструмента служит для предварительной установки заданного момента вращения. Это очень важная и необходимая функция, когда дрель используется как отверткашуруповерт.

Она, во-первых, позволяет сохранить двигатель от перегрузки (например, если шуруп большого размера закручен уже по “шляпку“, а Вы не успели вовремя отключить вращение – произойдет перегрузка двигателя).

В нашем случае этого не будет, потому, что включиться муфта момента и за счет её проскальзывания снимется нагрузка с двигателя (в этот момент будут слышны щелчки, сигнализирующие о том, что торсионная муфта включилась).

Во-вторых, если шуруп достаточно мал, то обычная дрель просто сорвет шлицы шурупа и тогда у Вас не получится ни закрутить, ни выкрутить данный шуруп.

Установив нужную величину момента вращения, Вам удастся этого избежать. На муфте нанесены деления и цифры от 1 до 20, символ сверла и молотка.

Установив муфту на определенную цифру, Вы устанавливаете требуемый момент вращения. Нужная цифра или точка ставится напротив стрелочки, сделанной на корпусе (поз.5, рис.5). Чем выше порядковый номер, тем больше момент вращения и тем большего размера крепежный материал (саморез, шуруп, болт) может быть использован.

Переключение торсионной муфты можно производить только от меньшего значения к большему, и наоборот. Нельзя переключать с режима “ молоток “ сразу на значение “ 1 ” и с режима “1 “ на “ молоток “. Необходимо вернуться через весь “ круг”. Иначе муфта момента выйдет из строя (данная поломка гарантийному ремонту не подлежит).

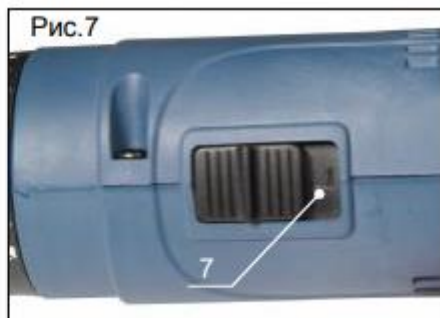
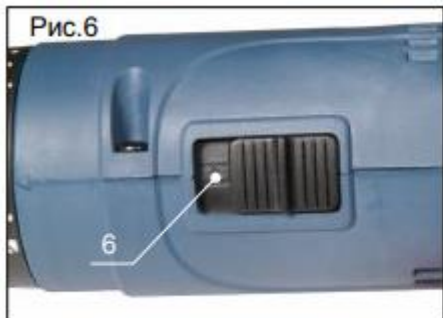
Отключение муфты

Помните, если Вы установили переключатель в положение «сверло» или «молоток» (рис.5), муфта будет отключена. Поэтому, если вдруг произойдет заклинивание сверла в обрабатываемом материале, необходимо моментально отпустить курок выключателя, для быстрой остановки работающего двигателя во избежание его перегрузок.

Режим переключения скоростей

Ваш инструмент обладает функцией переключения скоростей с помощью механического планетарного редуктора.

Для установки режима сверления необходимо переключатель сдвинуть от патрона - до появления символа «Н» (пол.6, рис.6), для установки режима шуруповерта необходимо переключатель сдвинуть к патрону - до появления символа «L» (пол.7, рис.7).



Обязательно помните, что переключение скоростных режимов производится только при полностью остановленном инструменте, иначе произойдет стирание шестерни (данная поломка гарантийному ремонту не подлежит).

Установка или снятие сверла

В инструменте для большего удобства предусмотрен самозажимной патрон. Для того чтобы вставить сверло или какой-нибудь другой аксессуар, выполните действия, перечисленные ниже.



1. Поставьте выключатель в положение «Выключено».
2. Крепко возьмитесь одной рукой за заднюю часть патрона, а другой рукой вращайте его в направлении против часовой стрелки. Вращайте до тех пор, пока патрон не откроется, чтобы в него можно было вставить требуемую для работы насадку или сверло (рис.8).
3. Вставьте сверло или насадку в патрон и прочно закрепите его, держа заднюю часть патрона и, вращая переднюю часть, в направлении по часовой стрелке до характерного щелчка – в патроне сработал замок, поэтому при сверлении с ударом патрон не раскроется (рис.9).
4. Для того чтобы снять насадку или сверло, повторите вышеописанное действие 2.
5. При замене насадки или сверла всегда отключайте инструмент от питающей сети.

Инструкция по эксплуатации

Установка боковой ручки

Для безопасной работы с электродрелью всегда пользуйтесь боковой рукояткой.

Она может устанавливаться под любым углом к корпусу электродрели. Ослабьте рукоятку, поворачивая её против часовой стрелки. Затем, установите её в заданном положении, и, снова затяните, поворачивая её по часовой стрелке.

Снятие патрона



Рис.10



Рис.11



Рис.12

1. Поверните муфту в позицию «сверление», а переключатель скоростей переведите в положение "L".
2. Разожмите кулачки патрона (рис.10). Открутите фиксирующий винт (левая резьба) шестигранным ключом 1/4" (не входит в комплект поставки (рис.11)).
3. Закрепите короткий конец шестигранного ключа в патроне, ударьте деревянным молотком по длинной части ключа в направлении против часовой стрелки (рис.12). Это ослабит патрон настолько, что его можно будет открутить рукой.

Установка патрона

1. Поверните муфту в позицию «сверление», а переключатель скоростей переведите в положение «L».
2. Накрутите патрон рукой до упора.
3. Закрепите короткий конец шестигранного ключа в патроне, ударьте деревянным молотком по длинной части ключа в направлении по часовой стрелке.
4. Зафиксируйте патрон винтом.

Использование в качестве дрели

Поверните муфту на символ сверла. Установите переключатель скоростей в положение «Н» (поз.6, рис.6).

Вставьте и закрепите нужное сверло в патроне.

Для этого проделайте операции, описанные в пункте "Установка и снятие сверла".

Выберите нужный режим скорости вращения, используя электронный регулятор оборотов (поз.2, рис.2).

Сверление

Используйте только правильно заточенные сверла.

Для дерева используйте винтовые сверла, перовые сверла, цилиндрические сверла, пилы для дырок.

Для металла используйте винтовые сверла, работающие на большой скорости или

специальные пилы для дырок.

Для таких материалов, как кирпич, цемент, шлакоблоки и т.д. используйте сверла с карбидными наконечниками.

Убедитесь в том, что материал, который вы собираетесь сверлить, прочно закреплен или зажат.

Для сверления тонких материалов подкладывайте кусок древесины, чтобы не повредить материал.

При сверлении держите инструмент так, чтобы сверло находилось под прямым углом к заготовке.

Давление на инструмент должно быть достаточно сильным, чтобы сверло «вгрызалось» в материал, но не на столько, чтобы заклинить мотор или повредить сверло.

Крепко держите дрель, чтобы контролировать процесс сверления.

Если дрель перестает работать, (это случается из-за перегрузки) - сразу же отпустите выключатель, прекратите работу и установите причину остановки.

Чтобы свести к минимуму такие остановки и порчу материала, уменьшите давление и освободите сверло из не досверленного отверстия.

Необходимо, чтобы инструмент работал на реверсе, когда Вы будете вытаскивать сверло из просверленного отверстия. Это поможет предотвратить заклинивание.

С дрелью, имеющей регулятор скорости вращения, нет необходимости применения зенкера для точной разметки под отверстия. Начинайте работать на низкой скорости, а когда отверстие будет достаточно глубоким, чтобы сверло из него не выпадало, переходите на максимальные обороты, предназначенные для данного материала.

Сверление по дереву

Отверстие в дереве сверлят специальными перовыми сверлами. Для большого отверстия используйте сверла для дерева, работающие на малой скорости.

Сверление по металлу

При сверлении металла используйте специальную смазку. Исключением являются чугун и медь, их нужно сверлить сухими.

Наилучшими смазками для сверления являются масло с серными добавками.

Сверление кирпичной кладки

Используйте сверла для кирпичной кладки с карбидными наконечниками, работающие на малых скоростях. Давление на сверло должно быть равномерным.

Использование в качестве отвертки

Поверните муфту на нужное положение величины момента вращения (1...20).

Установите переключатель скоростей в положение «L» (поз.7, рис.7).

Выберите нужный режим скорости вращения, используя электронный регулятор оборотов (поз.2, рис.2).

Вставьте требуемую битку в патрон, как вставляете сверло. Попрактикуйтесь на ненужном

материале или же в скрытых от глаз местах для определения правильности выбранного момента.

Уход за инструментом

Чистка

1. Работающим мотором (при нажатии на выключатель) продуйте грязь и пыль из всех вентиляционных отверстий.
2. Внешние пластиковые части можно почистить влажной тряпкой и легким моющим средством. Никогда не используйте растворитель.
3. До того, как использовать чистящие растворы, отключите инструмент от сети.

Обслуживание

Всегда перед проведением профилактических и сервисных работ убедитесь в том, что инструмент выключен и отсоединен от розетки.

Для безопасной и надежной работы инструмента, помните, что ремонт, обслуживание и регулировка инструмента должны проводиться в условиях сервисных центров с использованием только оригинальных запасных частей и расходных материалов.

Практическая работа № 5

Изучение инструкции по эксплуатации аккумуляторной дрели-шуруповерта MAKITA DF330D

Цель работы	приобретение навыков работы с документами, сопровождающими оборудование.
Нормативные документы	руководство по эксплуатации аккумуляторной дрели-шуруповерта MAKITA DF330D.
Оборудование	аккумуляторная дрель-шуруповерт MAKITA DF330D. .

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Изучите правила техники безопасности при работе с электроинструментом.
 - b. Опишите правила и порядок выполнения операций при работе с электроинструментом.
3. Подготовьте инструмент к работе.

Инструкция по эксплуатации

Аккумуляторная дрель-шуруповерт Makita DF330DWLE



Технические характеристики

Модель		DF330D
Производительность	Сталь	10 мм
	Дерево	21 мм
	Шуруп	5,1 мм x 63 мм
	Мелкий крепежный винт	M6
Число оборотов без нагрузки (мин ⁻¹)	Высокая (2)	0 - 1 300
	Низкая (1)	0 - 350
Диаметр зажимного патрона		0,8 мм - 10 мм
Общая длина		189 мм
Вес нетто		1,0 кг
Номинальное напряжение		10,8 В пост. Тока

Уровень шум

Типичный уровень взвешенного звукового давления (A), определенный по следующим параметрам EN60745:

Уровень звукового давления (L_{pA}): 70 дБ(A) или менее

Погрешность (K): 3 дБ (A)

Уровень шума при выполнении работ может превышать 80 дБ (A)

Используйте средства защиты слуха ENG202-3

Вибрация

Общий уровень вибрации (векторная сумма по трем координатам), определенный в соответствии с EN60745:

Рабочий режим: Сверление металла

Распространение вибрации (a_{h,D}): 2,5 м/сек² или менее

Погрешность (K): 1,5 м/с²

Общие рекомендации по технике безопасности для электроинструментов

Термин "электроинструмент" относится ко всему инструменту, работающему от сети или на аккумуляторах.

Безопасность в месте выполнения работ

1. Рабочее место должно быть чистым и хорошо освещенным. Захламление и плохое освещение могут стать причиной несчастных случаев.
2. Не пользуйтесь электроинструментом во взрывоопасной атмосфере, например, в

присутствии легко воспламеняющихся жидкостей, газов или пыли. При работе электроинструмента возникают искры, которые могут привести к воспламенению пыли или газов.

3. При работе с электроинструментом не допускайте детей или посторонних к месту производства работ.
4. Не отвлекайтесь во время работы, так как это приведет к потере контроля над электроинструментом.

Электробезопасность

1. Вилка электроинструмента должна соответствовать сетевой розетке. Никогда не вносите никаких изменений в конструкцию розетки.
2. При использовании электроинструмента с заземлением не используйте переходники. Розетки и вилки, не подвергавшиеся изменениям, снижают риск поражения электрическим током.
3. Избегайте контакта участков тела с заземленными поверхностями, такими как трубы, радиаторы, батареи отопления и холодильники.
4. При контакте тела с заземленными предметами увеличивается риск поражения электрическим током.
5. Не подвергайте электроинструмент воздействию дождя или влаги. Попадание воды в электроинструмент повышает риск поражения электрическим током.
6. Аккуратно обращайтесь со шнуром питания. Никогда не используйте шнур питания для переноски, перемещения или извлечения вилки из розетки. Располагайте шнур на расстоянии от источников тепла, масла, острых краев и движущихся деталей. Поврежденные или запутанные сетевые шнуры увеличивают риск поражения электрическим током.
7. При использовании электроинструмента вне помещения, используйте удлинитель, подходящий для этих целей. Использование соответствующего шнура снижает риск поражения электрическим током.
8. Если электроинструмент приходится эксплуатировать в сыром месте, используйте линию электропитания, которая защищена прерывателем, срабатывающим при замыкании на землю (GFCI). Использование GFCI снижает риск поражения электротоком.

Личная безопасность

1. При использовании электроинструмента будьте бдительны, следите за тем, что вы делаете, и руководствуйтесь здравым смыслом.
2. Не пользуйтесь электроинструментом, если вы устали, находитесь под воздействием наркотиков, алкоголя или лекарственных препаратов. Даже мгновенная невнимательность при использовании электроинструмента может привести к серьезной травме.
3. Используйте средства индивидуальной защиты.
4. Обязательно надевайте защитные очки. Такие средства индивидуальной защиты, как респиратор, защитная нескользящая обувь, каска или наушники, используемые в соответствующих условиях, позволяют снизить риск получения травмы.
5. Не допускайте случайного включения устройства.
6. Прежде чем подсоединять инструмент к источнику питания и/или аккумуляторной батарее, поднимать или переносить инструмент, убедитесь, что переключатель находится

в выключенном положении.

7. Переноска электроинструмента с пальцем на выключателе или подача питания на инструмент с включенным выключателем может привести к несчастному случаю.
8. Перед включением электроинструмента снимите с него все регулировочные инструменты и гаечные ключи. Гаечный или регулировочный ключ, оставшийся закрепленным на вращающейся детали, может привести к травме.
9. При эксплуатации устройства не тянитесь. Всегда сохраняйте устойчивое положение и равновесие. Это позволит лучше управлять электроинструментом в непредвиденных ситуациях.
11. Одевайтесь соответствующим образом. Не надевайте свободную одежду или украшения. Ваши волосы, одежда и перчатки должны всегда находиться на расстоянии от вращающихся деталей. Свободная одежда, украшения или длинные волосы могут попасть в движущиеся детали устройства.
12. Если имеются устройства для подключения пылесборника или вытяжки, убедитесь, что они подсоединены и правильно используются. Использование пылесборника снижает вероятность возникновения рисков, связанных с пылью.

Использование и уход за электроинструментом

1. Не прилагайте излишних усилий к электроинструменту.
2. Используйте инструмент, соответствующий выполняемой вами работе. Правильно подобранный электроинструмент позволит выполнить работу лучше и безопаснее с производительностью, на которую он рассчитан.
3. Не пользуйтесь электроинструментом с неисправным выключателем. Любой электроинструмент с неисправным выключателем опасен и должен быть отремонтирован.
4. Перед выполнением регулировок, сменой принадлежностей или хранением электроинструмента всегда отключайте его от источника питания и/или от аккумулятора.
5. Такие превентивные меры предосторожности снижают риск случайного включения электроинструмента.
6. Храните электроинструменты в местах, недоступных для детей, и не позволяйте лицам, не знакомым с работой такого инструмента или не прочитавшим данные инструкции, пользоваться им. Электроинструмент опасен в руках неопытных пользователей.
7. Выполняйте техническое обслуживание электроинструментов.
8. Убедитесь в целостности, отсутствии деформаций движущихся узлов, поломок каких-либо деталей или других дефектов, которые могут повлиять на работу электроинструмента. Если инструмент поврежден, отремонтируйте его перед использованием. Большое число несчастных случаев происходит из-за плохого ухода за электроинструментом.
9. Режущий инструмент всегда должен быть острым и чистым. Соответствующее обращение с режущим инструментом, имеющим острые режущие кромки, делает его менее подверженным деформациям, что позволяет лучше управлять им.
10. Используйте электроинструмент, принадлежности, приспособления и насадки в соответствии с данными инструкциями и в целях, для которых он предназначен, учитывая при этом условия и вид выполняемой работы. Использование электроинструмента не по назначению может привести к возникновению опасной ситуации.

Использование электроинструмента, работающего на аккумуляторах, и уход за ним

1. Заряжайте аккумулятор только зарядным устройством, указанным изготовителем.
2. Зарядное устройство, подходящее для одного типа аккумуляторов, может привести к пожару при его использовании с другим аккумуляторным блоком.
3. Используйте электроинструмент только с указанными аккумуляторными блоками. Использование других аккумуляторных блоков может привести к травме или пожару.
4. Когда аккумуляторный блок не используется, храните его отдельно от металлических предметов, таких как скрепки, монеты, ключи, гвозди, шурупы или другие небольшие металлические предметы, которые могут привести к закорачиванию контактов аккумуляторного блока между собой. Закорачивание контактов аккумуляторного блока может привести к ожогам или пожару.
5. При неправильном обращении из аккумуляторного блока может потечь жидкость. Избегайте контакта с ней. В случае контакта с кожей промойте место контакта обильным количеством воды. В случае попадания в глаза, обратитесь к врачу. Жидкость из аккумуляторного блока может вызвать раздражение или ожоги.

Обслуживание

1. Обслуживание электроинструмента должно проводиться только квалифицированным специалистом по ремонту и только с использованием идентичных запасных частей. Это позволит обеспечить безопасность электроинструмента.
2. Следуйте инструкциям по смазке и замене принадлежностей.
3. Ручки инструмента всегда должны быть сухими и чистыми и не должны быть измазаны маслом или смазкой.

Специфические правила техники безопасности

Не допускайте, чтобы удобство или опыт эксплуатации данного устройства (полученный от многократного использования) доминировали над строгим соблюдением правил техники безопасности. Нарушение техники безопасности или неправильное использование данного электроинструмента могут привести к серьезным травмам.

1. Используйте дополнительную ручку (если входит в комплект инструмента). Утрата контроля над инструментом может привести к травме.
2. Если при выполнении работ существует риск контакта режущего инструмента со скрытой электропроводкой или собственным шнуром питания, держите электроинструмент за специально предназначенные изолированные поверхности. Контакт с проводом под напряжением приведет к тому, что металлические детали инструмента также будут под напряжением, что приведет к поражению оператора электрическим током. При выполнении работ всегда занимайте устойчивое положение. При использовании инструмента на высоте убедитесь в отсутствии людей внизу.
3. Крепко держите инструмент. Руки должны находиться на расстоянии от вращающихся деталей.
4. Не оставляйте работающий инструмент без присмотра. Включайте инструмент только тогда, когда он находится в руках.
5. Сразу после окончания работ не прикасайтесь к бите сверла или детали. Они могут быть очень горячими, что приведет к ожогам кожи. Некоторые материалы могут содержать

токсичные химические вещества. Примите соответствующие меры предосторожности, чтобы избежать вдыхания или контакта с кожей таких веществ.

Важные инструкции по технике безопасности для аккумуляторного блока

1. Перед использованием аккумуляторного блока прочитайте все инструкции и предупреждающие надписи на (1) зарядном устройстве, (2) аккумуляторном блоке и (3) инструменте, работающем от аккумуляторного блока.
2. Не разбирайте аккумуляторный блок.
3. Если время работы аккумуляторного блока значительно сократилось, немедленно прекратите работу. В противном случае, может возникнуть перегрев блока, что приведет к ожогам и даже к взрыву.
4. В случае попадания электролита в глаза, промойте их обильным количеством чистой воды и немедленно обратитесь к врачу. Это может привести к потере зрения.
5. Не замыкайте контакты аккумуляторного блока между собой:
 - a. Не прикасайтесь к контактам какими-либо токопроводящими предметами.
 - b. Избегайте хранить аккумуляторный блок в контейнере вместе с другими металлическими предметами, такими как гвозди, монеты и т. п.
 - c. Не допускайте попадания на аккумуляторный блок воды или дождя. Замыкание контактов аккумуляторного блока между собой может привести к возникновению большого тока, перегреву, возможным ожогам и даже разрыву блока.
6. Не храните инструмент и аккумуляторный блок в местах, где температура может достигать или превышать 50 ° C (122 ° F).
7. Не бросайте аккумуляторный блок в огонь, даже если он сильно поврежден или полностью вышел из строя. Аккумуляторный блок может взорваться под действием огня.
8. Не роняйте и не ударяйте аккумуляторный блок.
9. Не используйте аккумулятор, если он падал или подвергался ударам.

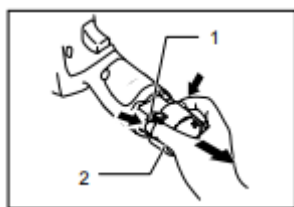
Советы по обеспечению максимального срока службы аккумуляторного блока

1. Заряжайте аккумуляторный блок до того, как он полностью разрядится. В случае потери мощности при эксплуатации инструмента, прекратите работу и зарядите аккумуляторный блок.
2. Никогда не заряжайте полностью заряженный аккумуляторный блок. Перезарядка сокращает срок службы блока.
3. Заряжайте аккумуляторный блок при комнатной температуре в пределах от 10 ° C до 40 ° C (от 50 ° F до 104 ° F). Перед зарядкой дайте горячему аккумуляторному блоку остыть.

Описание функционирования

Перед регулировкой или проверкой функционирования всегда отключайте инструмент и вынимайте блок аккумуляторов.

Установка или снятие блока аккумуляторов



1. Кнопка
2. Блок аккумулятора

Перед вставкой или снятием блока аккумуляторов всегда отключайте инструмент.

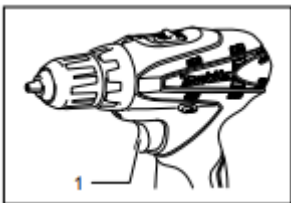
Для снятия блока аккумуляторов, выньте его из инструмента, нажимая на кнопки с обеих сторон блока.

Чтобы вставить картридж аккумулятора, совместите переднюю часть аккумулятора с отверстием гнезда, и вставьте на место.

Всегда устанавливайте блок до упора так, чтобы он зафиксировался на месте с небольшим щелчком. В противном случае аккумуляторный блок может выпасть из инструмента и травмировать вас или окружающих.

Не прилагайте усилий при вставке блока аккумуляторов. Если блок вставляется с трудом, значит, он вставляется неправильно.

Действие переключения



1. Курковый выключатель

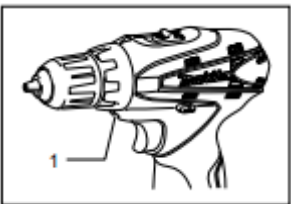
Перед вставкой блока аккумуляторов в инструмент, всегда проверяйте, что триггерный переключатель работает надлежащим образом и возвращается в положение "ВЫКЛ", если его отпустить.

Для запуска инструмента просто нажмите триггерный переключатель.

Скорость инструмента увеличивается при увеличении давления на триггерный переключатель.

Отпустите триггерный переключатель для остановки.

Включение передней лампы



1. Лампа

Не смотрите на источник освещения и не допускайте прямого попадания света в глаза.

Нажмите на курковый выключатель для включения подсветки. Лампа будет светиться до тех пор, пока нажат выключатель. Лампа гаснет через 10-15 секунд после отпускания выключателя.

Используйте сухую ткань для очистки грязи с линзы лампы. Следите за тем, чтобы не поцарапать линзу лампы, так как это может уменьшить освещение.

Действие реверсивного переключателя



1. Рычаг реверсивного переключателя

Данный инструмент имеет реверсивный переключатель для изменения направления вращения.

Нажмите на рычаг реверсивного переключателя со стороны А для вращения по часовой стрелке или со стороны В для вращения против часовой стрелки.

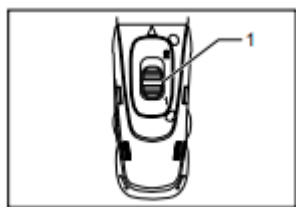
Когда рычаг реверсивного переключателя находится в нейтральном положении, триггерный переключатель нажать нельзя.

Перед работой всегда проверяйте направление вращения.

Пользуйтесь реверсивным переключателем только после полной остановки инструмента. Изменение направления вращения до полной остановки инструмента может привести к его повреждению.

Если инструмент не используется, всегда переводите рычаг реверсивного переключателя в нейтральное положение.

Изменение скорости



1. Рычаг изменения скорости

Для изменения скорости, сначала отключите инструмент, затем переведите рычаг переключения скорости в положение "2" для высокой скорости или в положение "1" для низкой скорости.

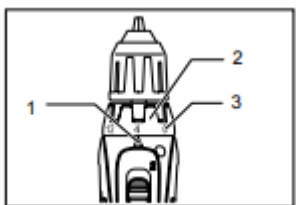
Перед эксплуатацией убедитесь в том, что рычаг переключения скорости установлен в надлежащее положение.

Используйте надлежащую скорость для работы.

Всегда полностью переводите рычаг изменения скорости в правильное положение. Если Вы работаете с инструментом, а рычаг изменения скорости находится посередине между обозначениями "1" и "2", это может привести к повреждению инструмента.

Не используйте рычаг переключения скорости при работающем инструменте. Это может привести к повреждению инструмента.

Регулировка крутящего момента затяжки



1. Указатель
2. Регулировочное кольцо
3. Градуировка

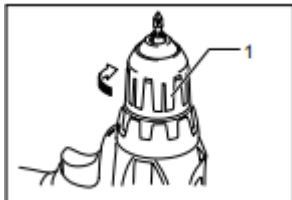
Усилие затяжки может быть отрегулировано на одно из 18 положений путем поворота регулировочного кольца так, чтобы одна из его градуировок совпала со стрелкой на корпусе инструмента.

Для настройки минимального усилия затяжки совместите цифру 1 с указателем, для настройки максимального усилия затяжки - маркировку с указателем.

Муфта будет проскальзывать при различных усилиях затяжки от 1 до 18. Она разработана

таким образом, что не будет проскальзывать на отметке. Для того, чтобы определить усилие затяжки, соответствующее выполняемой работе, перед выполнением работы сначала закрутите пробный шуруп в материал или в деталь из аналогичного материала.

Установка или снятие отверточной биты или сверла



1. Втулка

Поверните втулку против часовой стрелки для открытия зажимных кулачков.

Вставьте сверло в зажимной патрон как можно глубже.

Поверните втулку по часовой стрелке для затяжки патрона.

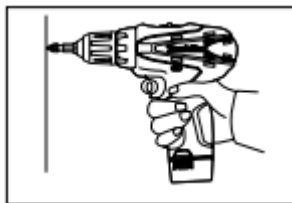
Для снятия биты, поверните патрон против часовой стрелки.

Эксплуатация

Всегда вставляйте блок аккумуляторов до конца, пока он не зафиксируется на месте. Если этого не сделать, блок может неожиданно выпасть из инструмента и причинить Вам или кому-либо около Вас травмы.

Для управления выдалбливающим действием инструмента крепко держите его одной рукой за ручку, а другой - за нижнюю часть блока аккумуляторной батареи.

Работа в режиме шуруповерта



Установите регулировочное кольцо на соответствующий уровень крутящего момента для работы.

Вставьте острие отверточной биты в головку винта и надавите на инструмент.

Включите инструмент на медленной скорости, затем постепенно увеличивайте ее.

Отпустите триггерный переключатель, как только работает сцепление.

При работес винтами для дерева, высверлите пробные отверстия для упрощения работы и предотвращения разламывания деревянной рабочей детали. См. таблицу.

Номинальный диаметр шурупа (мм)	Рекомендуемый размер пробного отверстия (мм)
3,1	2,0 - 2,2
3,5	2,2 - 2,5
3,8	2,5 - 2,8
4,5	2,9 - 3,2
4,8	3,1 - 3,4
5,1	3,3 - 3,6
5,5	3,7 - 3,9
5,8	4,0 - 4,2
6,1	4,2 - 4,4

Сверление

Сначала поверните регулировочное кольцо, чтобы совместить указатель с отметкой. Затем сделайте следующее.

Сверление в дереве

При сверлении в дереве, наилучшие результаты достигаются при использовании сверл для дерева, снабженных направляющим винтом. Направляющий винт упрощает сверление, удерживая сверло в обрабатываемой детали.

Сверление металла

Для предотвращения скольжения сверла при начале сверления, сделайте углубление с помощью кернера и молотка в точке сверления. Вставьте острие сверла в выемку и начните сверлить. При сверлении металлов используйте смазку для резки. Исключение составляют чугун и латунь, которые надо сверлить насухо.

Чрезмерное нажатие на инструмент не ускорит сверление. На самом деле, чрезмерное давление только повредит наконечник Вашего сверла, снизит производительность инструмента и сократит срок его службы.

Когда просверливаемое отверстие становится сквозным, на инструмент/сверло воздействует значительная сила. Крепко удерживайте инструмент и будьте осторожны, когда сверло начинает проходить сквозь обрабатываемую деталь.

Застывшее сверло можно вынуть путем простого переключения реверсивного переключателя на обратное вращение задним ходом. Однако инструмент может повернуться в обратном направлении слишком быстро, если его не держать крепко.

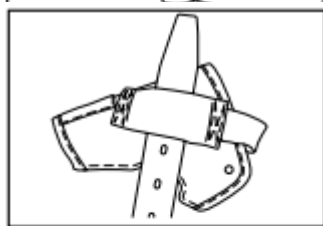
Всегда закрепляйте небольшие обрабатываемые детали в тисках или подобном зажимном устройстве.

Если инструмент эксплуатировался непрерывно до разряда блока аккумуляторов, сделайте перерыв на 15 минут перед началом работы с заряженным аккумулятором.

Использование инструмента как ручной отвертки

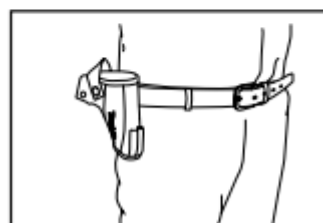


1. Выключите инструмент.
2. Переместите кнопку фиксации в положение блокировки А.
3. Поворачивайте инструмент рукой. Такое использование удобно для проверки затяжки шурупов.



Не используйте инструмент при работах, связанных с перегрузками (затягивании болтов или выкручивание заржавевших винтов).

Использование кобуры



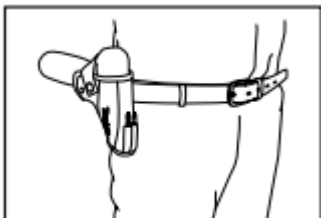
Не использовать для инструментов с установленным сверлом (напр., дрели).

Перед тем, как положить инструмент в кобуру, выключите его и дождитесь полной его остановки.

Убедитесь, что кобура прочно закрыта и инструмент зафиксирован.

Проденьте поясной ремень или его аналог через держатель кобуры.

Положите инструмент в кобуру и закройте его с помощью кнопки на кобуре.



В передней части кобуры могут храниться два сверла.

Техобслуживание

Перед проведением проверки или работ по техобслуживанию, всегда проверяйте, что инструмент выключен, а блок аккумуляторов вынут.

Для обеспечения БЕЗОПАСНОСТИ и НАДЕЖНОСТИ оборудования, ремонт, любое другое техобслуживание или регулировку необходимо производить в уполномоченных сервис-центрах Makita, с использованием только сменных частей производства Makita.

Принадлежности

- ✓ Сверла
 - ✓ Отверточные биты
 - ✓ Шестигранные биты
 - ✓ Различные типы оригинальных аккумуляторов и зарядных устройств Makita
 - ✓ Кобура
- Пластмассовый чемодан для переноски

Эти принадлежности или насадки рекомендуется использовать вместе с инструментом Makita, описанным в данном руководстве. Использование каких-либо других принадлежностей или насадок может представлять опасность получения травм.

Используйте принадлежность или насадку только по указанному назначению.

Практическая работа № 6

Оформление нормативной документации для монтажа.

Цель работы приобретение навыков работы с документами.

Нормативные документы ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой)

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):

- a. Подготовительная документация.
- b. Допускающие документы для ведения работ.
- c. Требования к оформлению исполнительной документации.

Для проведения электромонтажных работ при строительстве новых объектов, капитальном ремонте и реконструкции старых существуют стандартные требования на оформление и ведение документации. Такой же утвержденный порядок предусмотрен для составления исполнительных актов освидетельствования и приемки работ, отдельных участков электроснабжения в инженерных и технических сетях.

В стандартных описаниях ГОСТов и ТУ в соответствии с законами Федерации России введены следующие термины:

Электромонтажные работы проводят, как правило электриками внешняя документация создается и разрабатывается общими институтами, не входящими в состав организации, например, технические характеристики, литература, справочники;

договор подряда и субподряда определяет права и обязательства генподрядчика, подрядчика и заказчика относительно выполнения процессов, поставки материалов и оплаты труда;

понятие документа определяет количество информации, записанное на материальном носителе, сохраняемом организацией или человеком для подтверждения факта производственной деятельности или правовых обязательств;

документация входного контроля фиксирует проведение контрольной проверки рабочей документации, деталей, материалов и др.;

исполнительные документы контроля выполнения работ содержат соответствующие сведения;

производственная документация содержит информацию о ходе электромонтажных восстановительных процессов;

исполнительные схемы изображают объект в аксонометрии с применением условных линий и графических изображений;

нормативные документы, устанавливающие положения и правила, обязательные при строительстве и реконструкции электрических сетей;

принцип отчетности заключается в ответственности частных лиц или организаций за действия при строительстве и реконструкции;

протокол предназначен для записи вопросов и обсуждений на собраниях, заседаниях и совещаниях;

приемо-сдаточные документы содержат исполнительные и разрешительные акты и протоколы.

Требования к документации

Подготовительная документация

В состав документов подготовки к производству электромонтажных работ и строительству объектов использования атомной энергии входят следующие разделы:

- разрешительная документация;
- пакет документов, которые представляет монтажное предприятие для подготовительных

работ;

- технологические и организационные бумаги, которые разработаны непосредственно исполнительной подрядной организацией.

Стандартные требования к разрешительным документам

Когда возникает потребность электромонтажных работ Перед началом монтажных работ организация принимает участие в конкурсном отборе и предоставляет для этого заказчику комплект бумаг на рассмотрение, который подготавливается в соответствии с Гражданским кодексом и Федеральным законом. Эти документы оформляет монтажная организация и передает заказчику или генподрядчику. Первоначальным является свидетельство о допуске к определенному виду, которые могут оказать влияние на безопасное функционирование других объектов капитального строительства.

Для получения такого свидетельства предприятию необходимо иметь лицензию от экологически-технологического и атомного надзора по части возможности выполнения работ. Потребуется разрешение от Министерства гражданской обороны, и чрезвычайных положений на производство работ по ремонту и обслуживанию средств обеспечения пожарной безопасности.

Необходимо получить лицензию Федеральной Службы России на проведение рабочих процессов, связанных с использованием сведений государственной важности и составляющих государственную тайну.

Подаются дополнительные документы, такие как выписка из регистрационного и государственного реестра и разрешение Федеральной службы, подтверждающее право организации выдавать допуски к работам, оказывающим влияние на окружающие объекты. Наличие таких документов проверяется у монтажной организации во время предварительной проверки перед конкурсом или при проведении внешних и внутренних аудиторских проверок.

Допускающие документы для ведения работ

Для начала проведения работ монтажное предприятие имеет генподрядный договор с заказчиком, который может договариваться с другой специализированной организацией после одобрения заказчика. Предприятие, выразившее готовность выполнять электромонтажные работы, предоставляет пакет документации, подтверждающей ее способность к производству:

- Исполнительная документация программу обеспечения качества организацией для рассмотрения заказчиком, разработанную согласно его требованиям (обязательно для всех участников);
- свидетельство о регистрации предприятия в Федеральной службе района действия.

Документы производства электромонтажных работ

В договоре подряда определены сроки, в которые предприятие предоставляет заказчику исполнительную рабочую документацию:

- ПОС — проект организации строительства;
- график выполнения работ с привязкой к календарным данным и согласованный с планом поставок материалов и оборудования;
- для установки рабочего оборудования требуются чертежи от завода изготовителя, схемы и монтажные инструкции, вся документация переводится с иностранного на русский язык.

- перечень особо сложных участков монтажа, на организацию работ которых требуется заключение договоров со специализированными фирмами;
- проект организации работ грузоподъемными автомобильными или башенными кранами;
- технологические карты на основные электромонтажные работы;
- инструкции по технологии выполнения сварочных работ;
- чертежи для монтажа и установки;
- технологические карты для контроля качества монтажных работ.

Все рабочие документы оформляются, подписываются и согласовываются в соответствии с порядком, действующим на предприятии.

Контрольная документация производства электромонтажа

Для качественного выполнения производственных процессов предусмотрены такие виды контроля:

- контроль на входе материалов, оборудования и деталей;
- операционное контролирование выделенных этапов производства;
- освидетельствование предыдущих этапов электромонтажных работ, результаты которых будут скрыты после проведения последующих операций;
- результаты проведения испытаний технических приборов и устройств.

Процедура входного контроля является стандартной, если иное не предусмотрено в ППР, и регламентируются соответствующим положением заказчика СТО 95 137–13, которое определяет порядок осуществления проверки качества оборудования и материалов, поставляемых заказчиком или генподрядчиком.

На основе этих стандартов монтажное предприятие разрабатывает собственную инструкцию, согласованную с заказчиком, утвержденную руководителем фирмы и введенную в действие приказом по организации. По результатам проверки на входе, персонал составляет приемочный акт, в котором фиксируется факт соответствия или несоответствия заявленным требованиям.

Информация о проведенном операционном контроле, выполняемом монтажной организацией, описывается в актах или результативных протоколах. Для операционного контроля заказчика применяются документы инспекций государственного надзора. К документам операционного контроля относят журнал авторского надзора, прокладки кабеля, монтажа кабельных муфт напряжением свыше 1 тыс. вольт.

Результаты освидетельствования скрытых работ заносят в акты в соответствии с положениями проектной и нормативной документации. В СНиП разработаны специальные перечни электромонтажных работ, подлежащих актированию на скрытые работы.

Исполнительная документация контроля качества электромонтажных работ

Документация по работе электромонтажа Все этапы проведения инспекций и проверок качества выполнения производственного процесса документируются представителями предприятия или кураторами генподрядчика. Все несоответствия с технологическими картами, приводящие к ухудшению качества процессов, обязательно заносятся в соответствующие акты на всех этапах электромонтажных работ, начиная от входного контроля и заканчивая окончательной приемкой.

При необходимости, если технологические процессы грубо нарушаются, процесс работ

останавливается до устранения неполадок. Несоответствия заносятся в общие или специальные журналы, там же отражаются результаты переделанной работы или замены некачественного оборудования и материалов.

Требования к оформлению исполнительной документации

Вся документация отражается на бумажных или электронных носителях и сохраняется предприятием, выполняющим монтаж. Оформление происходит на бумаге формата А4. Рекомендуется электронное отображение документов для размножения и передачи всем заинтересованным сторонам. Для исполнительных документов, которые подписываются генеральным подрядчиком или заказчиком не допускается исправления.

Документы должны содержать подписи ответственных лиц, если нет определенного числа подписей, то документация считается не оформленной. При составлении пакета документов обязательно предоставляется список входящих в него бумаг.

Исполнительная документация является важным сопровождением электромонтажных работ при новом строительстве, реконструкции и капитальном ремонте.

Практическая работа № 7

Выбор и заготовка проводов различных марок в зависимости от видов монтажа

Цель работы приобретение навыков работы с по определению вида проводки, определению нагрузки на электрическую сеть и выбора проводки.

Задание:

1. Начертите план помещения, в котором укажите план проведения проводки и способы ее прокладки.
2. Составьте список используемого оборудования. Рассчитайте нагрузку на каждую линию отдельно.
3. В соответствии с данными выберите виды проводов и кабелей. Можно использовать Строительные нормы и правила СНиП 3.05.06-85 "Электротехнические устройства".

Практическая работа № 8

Изучение диагностического оборудования для монтажа

Цель работы приобретение навыков работы с документами.

Нормативные документы ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой)

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте краткий конспект.

Выбор диагностического оборудования

За последнее десятилетие наша страна (а с нею и все мы) прошли значительный отрезок исторического развития. Вопрос: «Где достать?» уступил место другому - «Что выбрать?» И если при ежедневном посещении магазинов еще можно простить себе неправильный выбор - цена ошибки не так высока, то при крупном приобретении она возрастает многократно. Проблема выбора неизбежно встает и перед теми, кто только собирается оснастить свой сервис диагностическим оборудованием, и перед теми, кто уже накопил печальный опыт обладания «не тем, что нужно». Причем вполне вероятно, что это «не то, что нужно» еще 3-4 года назад было

весьма прогрессивной техникой. Но времена меняются.

Меняется парк обслуживаемых автомобилей - люди хотят ездить на более «свежих» машинах и покупают их. Не так давно основная часть автомобилей, попадающих на неавторизованные СТО, имела традиционную систему зажигания с общей высоковольтной катушкой и механическим распределителем высокого напряжения, а сейчас все больше машин «имеют на борту» современные системы, реализующие методы статического распределения энергии- WSS и DIS. Отсюда вытекают новые требования даже к универсальному диагностическому прибору - мотор-тестер должен «уметь» работать с новыми системами зажигания.

Меняются запросы клиентов автосервиса. Раньше люди спокойно ездили, не обращая внимания на горящие на панели приборов лампочки, сообщавшие о неполадках в системах ABS или Airbag. Сейчас владельцы уже заботятся о собственной безопасности. К тому же в современных автомобилях многие электронные системы тесно взаимосвязаны, и неисправность одних отражается и на других. Например, неисправность датчика скорости вращения одного из колес может повлиять на работоспособность системы ABS, антипробуксовочной (ETC), системы управления двигателем (СУД) и системы управления автоматической трансмиссией. Иначе говоря, появился спрос на услуги по диагностике и ремонту этих и других электронных систем. Хотя выбор диагностического оборудования - всего лишь один из этапов создания поста диагностики и ремонта различных систем управления, важность его очень значима, и легкомысленное отношение к проблеме чревато ощутимыми сложностями и потерями в будущем.

Требования к оборудованию зависят от множества факторов: законов, регламентирующих работу автосервисов, финансовых возможностей клиента, предполагаемого парка обслуживаемых автомобилей, наличия платежеспособного спроса на диагностические услуги и т.д. И подчас оценить эти факторы, а также другие объективные и субъективные условия начинающему предпринимателю самостоятельно весьма затруднительно. Как не ошибиться? На что обращать основное внимание, выбирая диагностическое оборудование? Незаменимыми помощниками на этом этапе должны стать специалисты, которые не только знают отличительные особенности того или иного оборудования, но имеют опыт его практический эксплуатации.

Несколько практических советов

1. Если вы спрашиваете о параметрах и возможностях диагностического оборудования, а вам сразу начинают предлагать конкретный прибор и убеждают, что это «самое то», что вам надо, - есть повод усомниться. Это напоминает диалог на рынке: - Брюки какого размера? - Ну, что Вы спрашиваете, мужчина, как раз на Вас!
2. Универсальных решений не бывает. Оптимальное решение для вас можно найти, только связав воедино ваши желания и возможности. Хороший признак - когда вначале задают вопросы о задачах, которые вы перед собой ставите, а не начинают разговор с рекламы какого-либо «чудесного» оборудования, способного «осчастливить» любого клиента. Например, как бы хорош не был дилерский комплект, применение его на универсальном автосервисе, принимающем в ремонт различные марки автомобилей, будет неоправданно.
3. Если Вы сомневаетесь в своей способности оценить функциональные возможности оборудования (а это требует специальных знаний), то выбирать лучше с техническим специалистом (диагностом), который будет работать на нем. Общая заинтересованность - двойная гарантия правильного выбора.

4. Обязательно уточните вопросы, касающиеся сервисного обслуживания: оперативность и качество возможного (тьфу-тьфу!) гарантийного ремонта, имеется ли собственная сервисная служба, обеспеченная технической документацией и необходимыми запасными частями; какие условия закреплены в договоре покупки и гарантийном талоне.
5. Постарайтесь получить отзывы от других пользователей интересующего Вас оборудования. Независимый источник информации о качестве и надежности оборудования, которые Вы собираетесь приобрести, позволит дать ему более объективную оценку.
6. Необходимо выяснить перспективы последующей модернизации - как часто вносятся изменения и дополнения, сколько будет стоить upgrade. Известны случаи, когда без обещанной через год модернизации (естественно, за деньги), прибор совсем перестает работать! Соотношение объективных и субъективных факторов при диагностике в различных автосервисах может очень сильно колебаться. Объективные потребности определяются, исходя из предполагаемого перечня и объемов работ.

Например, при оценке работы подсистемы топливоподачи необходим комплект для измерения давления топлива. Причем он должен включать в себя адаптеры для подключения к тем маркам и моделям автомобилей, которые вы планируете обслуживать. Чем меньше параметров работы системы можно оценить инструментально, тем более высокие требования предъявляются к знаниям и опыту диагноста. Поэтому вопрос подбора оборудования надо решать комплексно, с учетом необходимости дополнительного обучения. А когда нет достаточного опыта и необходимого оборудования, возникают предложения «пробной замены» того или иного элемента систем управления автомобилем. Только за чей счет будут оплачены неудачи таких экспериментов?

«Пробные замены» часто практикуются на автосервисах, обслуживающих отечественные автомобили и не оснащенных необходимым комплектом оборудования. Казалось бы, достаточно иметь на складе полный набор комплектующих систем управления, и проблема поиска неисправности решена. Однако дело усугубляется непредсказуемостью качества этих самых комплектующих. Только комплексное решение вопроса оснащения позволит избежать субъективизма в принятии решений и неоправданных потерь, временных и финансовых. Вспоминается случай, когда работники одного из «жигулевских» автосервисов три раза подряд заменяли на одной и той же машине якобы неисправный лямбда-зонд. А дело было в негерметичном впускном коллекторе... Решение принималось исключительно на основе считываемого при помощи сканера ДСТ-2М кода ошибки из памяти блока управления. В таких случаях незаменим опыт диагноста, позволяющий частично компенсировать отсутствие объективных данных.

Практическая работа № 9

Изучение правил маркировки кабеля и кабельных жил

Цель работы приобретение навыков работы с документами.

Нормативные документы ПУЭ (Правила устройства электроустановок) <http://nsispb.ru/pue-pravila-ustroistva-elektrostanovok-7-izdanie.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - а. Цветовая маркировка проводов.

- b. Буквенная маркировка проводов.
- c. Не нормированные варианты обозначения проводов.

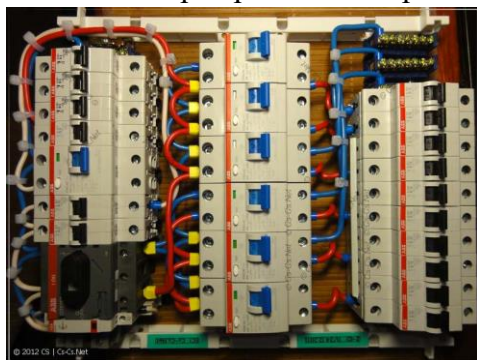


Рисунок 1.Правильная маркировка проводов

Правильная маркировка проводов и шнуров позволяет значительно облегчить монтаж и ремонт любых электрических сетей. Ведь правильная маркировка не только облегчит сам процесс монтажа, но и позволит вам или любому другому человеку просто взглянув в распределительную коробку, щиток или на провода, определить их назначение.

Именно для этих целей маркировка проводов должна выполняться согласно единых правил, которые приведены в «Библии» любого электрика – ПУЭ (Правила устройства электроустановок).

Правила маркировки токоведущих частей согласно ПУЭ

Для обеспечения наглядности, простоты и облегчения распознавания отдельных частей электрической сети согласно п.1.1.30 ПУЭ все электроустановки должны иметь буквенно-цифровое и цветовое обозначение. Причем наличие одного из этих обозначений не снимает необходимость наличия другого.

Цветовая маркировка проводов

Маркировка проводов по цветам является наиболее наглядной и позволяет быстро определиться с назначением любого провода. Такая маркировка может быть осуществлена путем выбора проводов с соответствующим цветом изоляции жил, путем нанесения краски на шины или за счет окрашивания или применения специальной цветной изолянты в местах соединения жил.

Причем краска на шины может наносится не по всей длине, а только в местах подключения или по концам шин.

желтый	Фаза "А"
зеленый	Фаза "В"
красный	Фаза "С"

Рисунок 2. Обозначение фазных проводов

Итак:

- Если говорить о цветовом обозначении проводов и кабелей, то начать следует с фазных проводников. Согласно п.1.1.30 ПУЭ в трехфазной сети фазные проводники должны иметь маркировку желтым, зеленым и красным цветом. Так соответственно обозначаются фазы А, В и С.
- Инструкция для однофазной электрической сети предполагает обозначение фазного провода в соответствии с тем цветом, продолжением которой она является. То есть, если фазный проводник подключается к фазе «В» трехфазной сети, то он должен иметь зеленый цвет.

В однофазной сети квартиры или дома вы зачастую не знаете к какой фазе подключен ваш фазный провод. Дабы соблюдать ГОСТ вам совсем не обязательно это выяснять. Достаточно обозначить фазный проводник любым из предложенных цветов. Ведь для однофазной сети освещения совершенно не принципиально к какой именно фазе подключен ваш проводник. Исключение составляет только сеть освещения в которой используются два разных фазных проводника.

- Что же касается нулевых проводников, то они должны иметь голубую окраску. Причем цвет нулевой жилы не зависит от того трехфазная, двухфазная и однофазная сеть перед вами. Он всегда обозначается голубым цветом.
- Маркировка проводов с полосой желто-зеленого цвета обозначает защитный проводник. Он подключается к корпусу электроприборов и обеспечивает безопасность от поражения электрическим током при повреждениях изоляции электрооборудования.

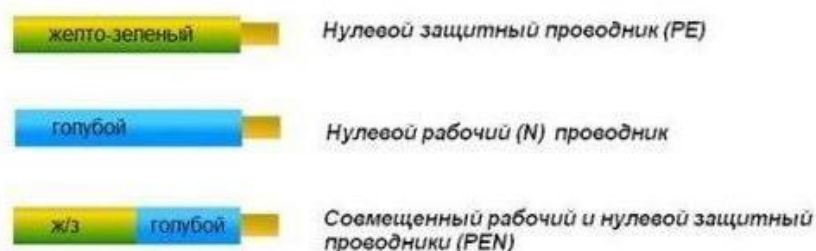


Рисунок 3. Обозначение нулевых и защитных проводников

- Если нулевой и защитный проводник объединены, то согласно п.1.1.29 ПУЭ такая жила провода должна иметь голубой окрас с желто-зелеными полосами на его концах. Дабы выполнить такую маркировку своими руками достаточно просто взять провод голубого цвета и на его концевых заделках выполнить обозначение краской или использовать для этого цветную изоленту.
- Что же касается сетей постоянного тока, то красным цветом должна обозначаться положительная жила провода или шины, а отрицательная синим. При этом обозначение нулевой и защитной жилы соответствует маркировке в сетях переменного тока.

Буквенная маркировка проводов

Но маркировка проводов цветная не всегда удобна. В щитках, распределительных устройствах и на схемах значительно удобнее буквенное обозначение. Оно должно применяться совместно с цветовым обозначением.

Итак:

- Буквенная маркировка фазных проводов в трехфазной сети соответствует их разговорному обозначению – фаза «А», «В» и «С». Для однофазной сети она должна быть такой же, но это далеко не всегда удобно. Тем более что достоверно определить какая именно фаза не всегда возможно. Поэтому часто используют обозначение «L».
- Пункт 1.1.31 ПУЭ нормирует не только буквенно-цветовое обозначение проводников, но и их расположение. Так для трехфазной сети при вертикальном расположении шин фаза «А» должна быть самой верхней, а фаза «С» нижней. А при горизонтальном расположении проводников ближайшая к вам должна быть фаза «С», а наиболее удаленная фаза «А».
- Если выполняется маркировка проводов в щитке, то под символом «N» обозначают нулевой провод.
- Для обозначения защитного провода применяют буквенное обозначение «PE». Кроме того, достаточно часто применяется знак заземления, но дело в том, что он не всегда может точно указать на схему сети.

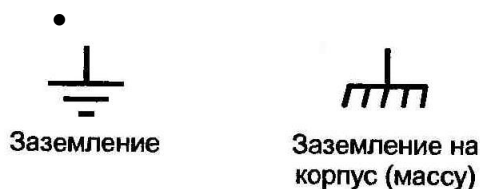


Рисунок 4. Знак заземления

- Дело в том, что вы можете встретить обозначение «PEN». Оно обозначает совмещение нулевого и защитного проводника. Это возможно в системах TN-C-S о которых мы говорили в одной из предыдущих наших статей.
- А вот маркировка проводов электрических постоянного тока выполняется символизмами «+» и «-». Что соответственно обозначает положительный и отрицательный провод. Для постоянного тока есть еще одно отличие. Нулевая жила обозначается символом «M», что иногда вводит в заблуждение.

красный	Положительный полюс (+)
синий	Отрицательный полюс (-)
голубой	Нулевая рабочая (M)

Рисунок 5. Маркировка в сети постоянного тока

Не нормированные варианты обозначения проводов

Но к сожалению маркировка проводов фаза ноль, заземление далеко не всегда выполняется согласно норм ПУЭ. Часто можно встретить и другие обозначения. Особенно часто это касается старых схем, электрооборудования, а также некоторых новых устройств не сертифицированных производителей.

И дабы они не ввели вас в заблуждение давайте рассмотрим наиболее распространенные

варианты.

- Достаточно часто на старых еще советских схемах можно встретить символы «Ф» или «Ф1», «Ф2» и «Ф3». Расшифровка данного обозначения достаточно проста – это обозначает фаза. Причем символ без буквенного обозначения применяется для однофазной сети, а с буквенных для трехфазной.
- На новых схемах можно встретить обозначение «L» или соответственно «L1», «L2» и «L3». Так зарубежные производители часто обозначают фазу. Что касается цифровых обозначений, то здесь действует то же правило – без цифры для однофазной сети, с цифрами для трехфазной.
- Для однофазной сети обозначение «Ф» или «L» обозначают не принципиальность четкого соблюдения фаз. То есть вы можете подключить любую фазу. То же касается и трехфазной сети с цифровым обозначением. Если же имеется обозначение «Фа», «Фв», «Фс» или ««Lа», «Lв», «Lс», то соблюдение чередования фаз обязательно.
- Маркировка проводов в щитах может содержать символ «0». Это обозначение нулевого провода достаточно часто используют по сей день как в схемах, так и в обозначении выводов на оборудовании.

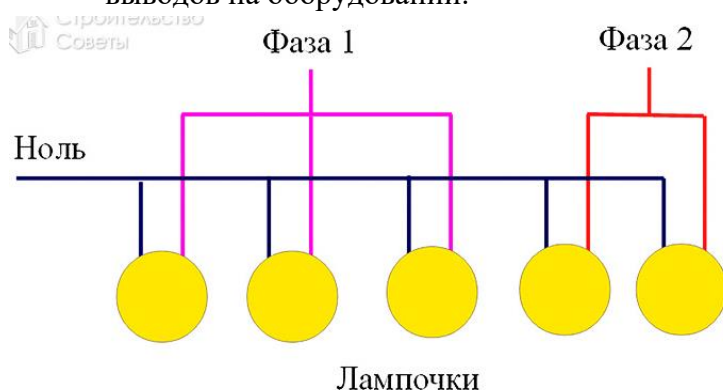
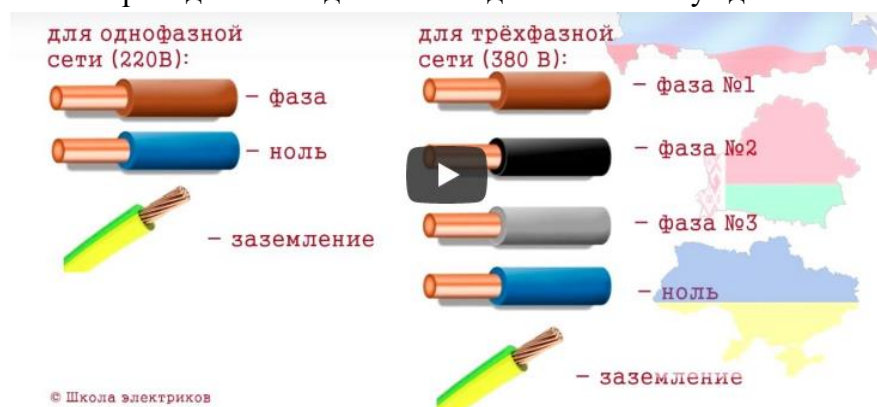


Рисунок 6. Пример нестандартного обозначения на схемах

- Для обозначения защитного провода часто используется символ заземления, о котором мы уже говорили выше. Обычно его применяют для обозначения места подключения защитного провода выполненных по системе отличной от TN-C-S.
- Маркировка проводов щитка постоянного тока может содержать символы «L+» и «L—». Данные символы обозначают соответственно положительный и отрицательный проводник и не должны вводить вас в заблуждение.



Вывод

Правильная маркировка проводов по цвету и обозначению способна во многом облегчить

не только монтаж, но и последующее обслуживание электроустановок. Тем более что цена выполнения требований по маркировке крайне низка, а требования не так уж сложны к исполнению. Поэтому если вы хотите все сделать «по уму» и облегчить себе же дальнейшую эксплуатацию вашей электрической сети советуем вам соблюдать данные нормы.

Практическая работа № 10

Составление алгоритма проверки работоспособности кабеля

Цель работы приобретение навыков работы с документами.
Нормативные документы ПУЭ (Правила устройства электроустановок) <http://nsispb.ru/pue-pravila-ustroistva-elektrostanovok-7-izdanie.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Используя документацию составьте алгоритм проверки работоспособности кабеля.

Практическая работа № 11

Составление алгоритма проведения расшивки проводов

Цель работы приобретение навыков работы с документами.
Нормативные документы ПУЭ (Правила устройства электроустановок) <http://nsispb.ru/pue-pravila-ustroistva-elektrostanovok-7-izdanie.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Используя документацию составьте алгоритм проведения расшивки проводов.

Практическая работа № 12

Составление алгоритма монтажа трубных проводок в системах контроля

Цель работы приобретение навыков работы с документами.
Нормативные документы ПУЭ (Правила устройства электроустановок) <http://nsispb.ru/pue-pravila-ustroistva-elektrostanovok-7-izdanie.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Используя документацию составьте алгоритм монтажа трубных проводок в системах контроля.

Практическая работа № 13

Составление алгоритма пайки и лужения проводов

Цель работы приобретение навыков работы с оформлением документов.

Задание:

1. Составьте инструкционную карту выполнения лужения проводов.
2. Составьте инструкционную карту выполнения пайки нескольких проводов.

Шаблон инструкционной карты:

№ операции	Содержание операции	выполнения	Оборудование, приспособления,	Материалы
------------	---------------------	------------	-------------------------------	-----------

		инструмент	

Практическая работа № 14

Составление алгоритма сварки проводов

Цель работы приобретение навыков работы с документами.

Задание:

1. Составьте инструкционную карту выполнения сварки проводов.

Шаблон инструкционной карты:

№ операции	Содержание выполнения операции	Оборудование, приспособления, инструмент	Материалы

Практическая работа № 15

Изучение правил монтажа электрических проводок систем автоматизации

Цель работы Монтаж волоконно-оптических проводок.

Нормативные документы ПУЭ (Правила устройства электроустановок) <http://nsispb.ru/pue-pravila-ustroistva-elektrostanovok-7-izdanie.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Выполнить конспект теоретического материала по монтажу волоконно-оптических проводок и начертить схемы рис. 1, 2, 3 и 4.
3. Ознакомиться с технологией сварки волоконно-оптических проводок с помощью комплекта КСС-111.
4. Изучить технологию монтажа соединительной муфты волоконно-оптического кабеля.
5. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Что такое ВОЛС и ВОСП и где они применяются?
 - b. Как устроен волоконный световод?
 - c. Приведите примеры типов и марок оптических кабелей.
 - d. Как определяется коэффициент затухания оптического кабеля?
 - e. Назовите способы прокладки оптических кабелей.
 - f. Назовите виды соединения оптического кабеля.
 - g. Расскажите о методе электродуговой сварки волокон оптического кабеля.
 - h. Из каких основных составных частей состоит комплект для сварки КСС-1?
 - i. Как соединяются оптические кабели с помощью муфт?

I. Классификация электрических проводов

Электрическими проводками называют совокупность проложенных и закрепленных на элементах зданий, сооружений или на технологическом оборудовании кабелей и проводов с относящимися к ним соединительными муфтами, концевыми заделками, соединительными и протяжными коробками, креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями.

Под кабелем понимают одну (или более) изолированную жилу, заключенную в оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может быть соответствующее защитное покрытие, в том числе и броня. Провод состоит из одной неизолированной или одной (и более) изолированной жилы, поверх которых могут находиться неметаллическая оболочка, обмотка и оплетка волокнистыми материалами или проволокой.

В зависимости от места прокладки и условий эксплуатации электрические проводки подразделяют на внутренние и наружные, а по способу выполнения — на открытые и скрытые. Скрытые электрические проводки (кабели) могут быть проложены в земле.

Электрические проводки переменного и постоянного тока выполняют при помощи проводов или кабелей с изолированными алюминиевыми, медными или алюмомедными жилами.

Провода и кабели с медными жилами применяют только в следующих случаях:

- 1) в цепях термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей;
- 2) в цепях (измерения, управления, питания, сигнализации и др.) напряжением до 60 В при площади сечения жил проводов и кабелей до 0,75 мм² (диаметр до 1 мм);
- 3) для электропроводок систем автоматизации технологических процессов электростанций с генераторами мощностью более 100 мВт (для электропроводок систем автоматизации химводоочистки, очистных, инженерно-бытовых и вспомогательных сооружений, котельных следует применять кабели и провода только с алюминиевыми жилами);
- 4) во взрывоопасных установках (в зонах классов В-1 и В-1а);
- 5) в установках, подверженных вибрации;
- 6) для электропроводок систем автоматизации зрелищных предприятий, студий радио- и телецентров (например, систем кондиционирования воздуха и т. п.), прокладываемых на сцене, в технических аппаратных, чердачных помещениях, в пространстве над потолком и над подвесным потолком зрительного зала на 800 мест и более;
- 7) для электропроводок систем автоматизации в картинных галереях, библиотеках, архивах и др.;
- 8) для открытых проводок систем автоматизации в чердачных помещениях со сгораемыми конструкциями.

В остальных установках и производствах применяют провода и кабели с алюминиевыми или алюмомедными жилами, за исключением отдельных установок, производств и уникальных сооружений, для которых выбор материала жил проводов и кабелей определяется специальными требованиями.

Провода и кабели

Для электрических проводов, для проводов к приборам и средствам автоматизации применяют установочные провода, термоэлектродные провода и кабели, силовые и контрольные кабели.

Установочные провода

При монтаже электрических проводов применяют установочные провода следующих марок:

ПРН — одножильный с медной жилой, с резиновой изоляцией, в негорючей резиновой оболочке;

АПРН —то же, но с алюминиевой жилой;

ПРГН —то же, но с гибкой медной жилой;

ПРТО —многожильный и одножильный с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оплетке;

АПРТО —то же, но с алюминиевой жилой;

ПВ-1 —одножильный с медной жилой в поливинилхлоридной изоляции;

АПВ —то же, но с алюминиевой жилой;

ПВ-2, ПВ-3 и ПВ-4 —соответственно с медной гибкой, повышенной гибкости и особо гибкой жилой в поливинилхлоридной изоляции;

АМПВ—одножильный с алюмомедной жилой в поливинилхлоридной изоляции.

Установочные провода применяют в соответствии с проектами в зависимости от условий их прокладки. В условиях образования конденсата используют установочные провода в поливинилхлоридной или стойкой к влаге изоляции.

Термоэлектродные провода

Предназначены для соединения термоэлектрических термометров с потенциометрами или милливольтметрами (для отнесения свободных концов термоэлектрического термометра в зону с постоянной температурой). Каждой паре жил присваивается буквенное обозначение, а каждому проводнику придают определенную расцветку, для чего используют оплетку из цветной пряжи или цветные опознавательные нити, проложенные в проводе или кабеле.

В основном применяют термоэлектродные провода следующих марок:

ПТВ — с поливинилхлоридной изоляцией, с сечением жилы 2,5 мм²; применяют в сырых и сухих помещениях и в местах, где возможно воздействие химических реагентов;

ПТГВ — гибкий с поливинилхлоридной изоляцией, с сечением жил 1; 1,5; 1,8 или 2,5 мм; применяют в местах, где требуется повышенная гибкость;

ПТВП —с поливинилхлоридной изоляцией в оплетке из стальных проволок, с сечением жилы 1 мм²; применяют для всех видов прокладки при необходимости экранирования. ;

Силовые кабели. При прокладке силовых линий и применяют двух- и трехжильные силовые кабели с резиновой изоляцией и с сечением медных жил 1; 1,5 и 2,5 мм², а алюминиевых —2,5 и 4 мм². Кабели больших сечений используют редко.

Наиболее часто применяют силовые кабели следующих марок:

ВРГ —с медными жилами в поливинилхлоридной оболочке;

АВРГ —то же, с алюминиевыми жилами;

ВРБ—с медными жилами в поливинилхлоридной оболочке, бронированной двумя стальными лентами, с защитным наружным слоем;

АВРБ —то же, с алюминиевыми жилами;

НРГ—с медными жилами в резиновой (найритовой) негорючей оболочке;

АНРГ —то же, с алюминиевыми жилами;

НРБ —с медными жилами в резиновой (найритовой) негорючей оболочке, бронированной двумя стальными лентами, с защитным наружным слоем;

АНРБ —то же, с алюминиевыми жилами.

Контрольные кабели

Предназначены для присоединения к электрическим приборам, аппаратам и средствам автоматизации с номинальным напряжением до 400 В переменного и 440 В постоянного тока. Контрольные кабели имеют от 4 до 37 жил сечением 0,75... 6 мм² (медные) и 2,5... 6 мм² (алюминиевые).

Кабели управления, предназначенные для цепей управления, контроля и информации, изготавливают с медными жилами с резиновой, полиэтиленовой, поливинилхлоридной или

высоко-нагревостойкой изоляцией из фторопласта или кремнийорганической резины. Кабели управления имеют от 4 до 115 жил сечением 0,35... ,5 мм². Наиболее часто применяют кабели управления следующих марок:

КПВ—с однопроволочными жилами в поливинилхлоридной оболочке;

КУПВ —с неэкранированными жилами в поливинилхлоридной оболочке;

КУПВ-П —то же, в оплетке стальными оцинкованными проволоками;

КУПР—в резиновой оболочке с неэкранированными, частично или полностью экранированными жилами;

КУПР-П —то же, в оплетке стальными оцинкованными проволоками.

II. Волоконно-оптические линии связи

Широкое развитие в последние годы систем управления и связи привело к разработке и созданию принципиально новых систем передачи цифровой информации, основанных на применении волоконно-оптических линий связи (ВОЛС); В системах автоматизации такие линии называют волоконно-оптическими системами передачи (ВОСП). Схематично работу ВОСП можно представить следующим образом: датчик — преобразователь электрических сигналов в оптические — оптический кабель — приемник излучения —устройство отображения информации.

Основным элементом оптического кабеля является волоконный световод (рис.1, а). Устройство волоконного световода и схема распространения лучей через него представлены на схеме рис.1, б.

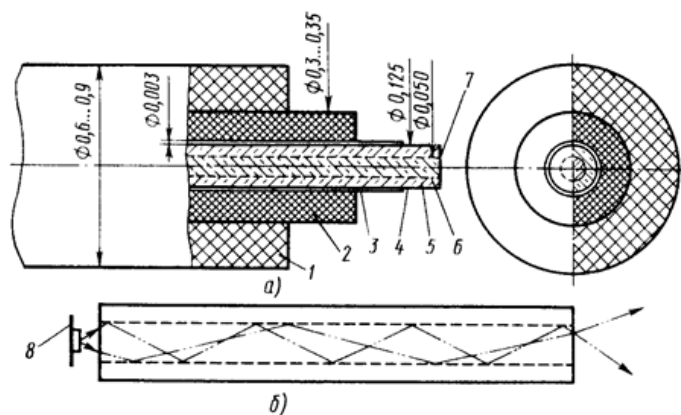


Рисунок 1. Конструктивная схема волоконно-оптического световода (а) и схема прохождения лучей через световод (б)

1 – вторичное полимерное упрочняющее покрытие; 2 – силиконовый буферный демпфирующий слой; 3 – силиконовое первичное защитное покрытие; 4 – волоконно-оптический световод; 5 – отражающая оболочка световода; 6 – отражающий слой световода; 7 – сердцевина световода; 8 – излучатель.

Оптический кабель (рис. 2) может состоять из одного или нескольких оптических волокон, объединенных в общую конструкцию.

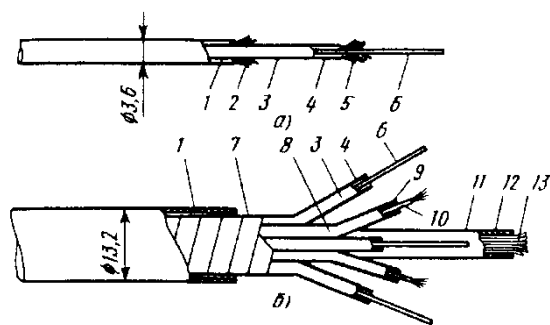


Рисунок 2. Конструкция оптического кабеля (а – одноволоконного; б- четырехволоконного)

1- защитная полиэтиленовая оболочка; 2 – упрочняющая нить; 3 – оптический модуль; 4 – защитная полимерная трубка оптического модуля; 5 – демпфирующие эластичные нити; 6 – волоконно-оптический световод с покрытием; 7 – скрепляющая полиэфирная лента; 8 – разделительный (заполняющий) модуль; 9 – полимерная оболочка разделительного модуля; 10 – упрочняющие нити разделительного модуля; 11 – силовой модуль; 12 – полимерная оболочка силового модуля; 13 – упрочняющие нити силового модуля

Свойства оптического кабеля определяются главным образом двумя параметрами: затуханием и дисперсией.

Затухание характеризует уменьшение мощности оптического излучения при его прохождении через кабель и тем самым дальность передачи, а дисперсия — искажение передаваемых сигналов и соответственно пропускную способность оптического кабеля.

Оптические кабели по сравнению с широко применяемыми электрическими и медными проводниками не требуют дефицитных металлов и изготавливаются, как правило, из кварцевого стекла и полимеров. Кроме того, оптические кабели обладают возможностью передачи большего потока информации, малым ослаблением сигнала и независимостью его от частоты. Важными параметрами, определяющими эффективность ВОСП, являются их малая подверженность электрическим, магнитным и радиочастотным помехам, взрыво- и пожарозащищенность оптических кабелей, а также их масса (примерно в 10 раз меньше, чем электрических).

В системах управления и связи наиболее широко применяют следующие типы и марки оптических кабелей:

внутризоновые для прокладки в грунте и кабельной канализации:

ОКЛ-50-1-(0,7-1,5)-4 «Калибр» — с четырьмя оптическими волокнами, центральным стержнем из поливинилхлорида, в оболочке из полиэтилена, коэффициентом затухания до 1 дБ/км и наружным диаметром 18 мм;

ОКЗГ-1-0,7-4/4(8/8) — с четырьмя или восемью оптическими волокнами, центральным стержнем из поливинилхлорида, металлическими армирующими элементами, среди которых расположены четыре медные жилы для питания аппаратуры в оболочке из полиэтилена, коэффициентом затухания до 0,7 дБ/км и наружным диаметром 18 мм (четыrehволоконный кабель) и 19 мм (восьмиволоконный кабель);

ОКЛ-50-2-(0,7-1,5)-4 — с четырьмя оптическими волокнами, центральным металлическим силовым элементом, оплеткой из стальных проволок и оболочкой из полиэтилена, коэффициентом затухания до 1 дБ/км и наружным диаметром 14 мм;

линейные — для прокладки в кабельной канализации:

ОК-50-2-5-4 — с четырьмя оптическими волокнами, центральным силовым элементом из нитей или стального троса в поливинилхлоридной оболочке, в наружной оболочке из

полиэтилена, коэффициентом затухания до 5 дБ/км и наружным диаметром 14 мм;

ОК-50-2-5-8 —то же, с коэффициентом затухания до 5 дБ/км, восьмиволоконный;

ОК-50-2-3-4 —то же, с коэффициентом затухания до 3 дБ/км, четырехволоконный;

ОК-50-2-3-8 —то же, с коэффициентом затухания до 3 дБ/км, восьмиволоконный;

специальные для световодных систем передачи информации и эксплуатации при температуре от —60 до +85°С;

ОК-СС 01-4—с четырьмя оптическими волокнами, уложенными в закрытые каналы полиэтиленового сердечника, имеющего центральный стержень, с оплеткой проволокой из нержавеющей стали и оболочкой из полиэтилена, коэффициентом затухания до 7 дБ/км и наружным диаметром 11 мм.

Общими основными требованиями, предъявляемыми к физико-механическим характеристикам оптических кабелей, являются: высокая прочность на разрыв; влагонепроницаемость; достаточная буферная защита для уменьшения потерь, вызываемых механическими напряжениями; термостойкость в рабочем диапазоне температур (—40...+50°С); гибкость и возможность прокладки по реальным трассам; радиационная стойкость; химическая и ударная стойкость; простота монтажа и прокладки; надежность работы в течение 20 лет.

В качестве преобразователей электрических сигналов в оптические, т. е. источников излучения, применяют лазеры и излучающие светодиоды. Обычно передающий оптоэлектронный модуль включает в себя источник излучения, электронные схемы или их элементы для преобразования электрических сигналов и стабилизации режимов работы и оптический соединитель с отрезком оптического кабеля.

В качестве приемников излучения, преобразующих оптические сигналы в электрические, применяют фотодиоды. Типичный приемный оптоэлектронный модуль состоит из приемника излучения, электронных схем обработки электрического сигнала и стабилизации режимов работы, а также оптического соединителя с отрезком оптического кабеля.

Внедрение ВОСП показывает их высокую эффективность в системах автоматизации. Замена традиционных систем, основанных на применении электрических проводов и кабелей, на волоконно-оптические системы значительно снижает не только материальные, но и трудовые затраты. В процессе монтажа ВОСП достигается существенное снижение объемов строительно-монтажных работ за счет высокой степени заводской готовности используемой аппаратуры и компонентов ВОСП, их малогабаритности и компактности. Кроме того, для передачи равного объема информации оптического кабеля требуется в несколько раз меньше, чем электрического (в том числе и по массе). При этом в принципе меняется характер монтажных работ. Ручные электромонтажные работы, составляющие основной объем при монтаже электрических проводок систем автоматизации, заменяются сборкой сети из элементов высокой заводской готовности с минимальной доработкой их по месту. Значительно сокращаются и слесарно-монтажные работы.

III. Технология монтажа волоконно-оптических проводок

Перед монтажом оптического кабеля необходимо проверить его целостность и коэффициент затухания оптического сигнала. Если при внешнем осмотре барабана с оптическим кабелем установлена неисправность барабана или обшивки, то последнюю снимают, проверяют крепеж концов кабеля, наличие вмятин, пережимов и состояние защитного покрова. Обнаруженные незначительные повреждения устраняют, в противном случае, когда это невозможно, кабель перематывают на исправный барабан плотными и ровными витками. При

перемотке осуществляют визуальный контроль целостности наружной оболочки кабеля.

Перед измерением затухания выполняют разделку кабеля, концы каждого волокна на длине 30 мм освобождают от защитных покрытий и протирают участок оптического волокна растворителем, а затем спиртом. После протирки производят скол оптического волокна специальным инструментом. Скол должен быть ровным и перпендикулярным оси волокна. Качество скола проверяют под микроскопом. Затем выполняют предварительное просвечивание оптических волокон любым источником света. Если какие-либо волокна не просвечиваются, то измерение затухания на этом кабеле не производят и заказчик решает возможность его дальнейшего использования.

Для измерения затухания применяют оптический тестер ОМКЗ - 76, с помощью которого определяют мощность сигналов на входе и выходе оптического кабеля. Измерения повторяют три раза. Значения входного и выходного сигналов определяют как среднее арифметическое от полученных результатов.

Коэффициент затухания оптического кабеля подсчитывают по формуле

$$\alpha = \frac{10 \lg(\bar{P}_{\text{вх}} / \bar{P}_{\text{вых}})}{L},$$

где α — коэффициент затухания, дБ/км; $\bar{P}_{\text{вх}}$ и $\bar{P}_{\text{вых}}$ — средние значения мощности входного и выходного сигналов; L — длина оптического кабеля, км.

Проведение измерений затухания оптического сигнала оформляют протоколом входного контроля. В случае превышения коэффициентом затухания значений, указанных в технических условиях на оптический кабель, последний возвращается заводу-изготовителю.

Монтаж оптических кабелей — наиболее ответственная часть монтажных работ, предопределяющая качество и дальность связи волоконно-оптических систем. Основными операциями при этом являются прокладка кабеля и соединение оптических волокон.

Прокладку оптических кабелей выполняют в соответствии с рабочей документацией способами, аналогичными принятым при прокладке электрических и трубных проводок.

Оптические кабели не допускается прокладывать в одном лотке, коробе или трубе с другими видами проводок систем автоматизации. Одно- и двухволоконные кабели запрещается прокладывать по кабельным полкам. Не допускается для прокладки оптического кабеля использовать вентиляционные каналы и шахты, а также пути эвакуации.

Оптические кабели, прокладываемые открыто в местах возможных механических воздействий на высоте до 2,5 м от пола помещения или площадок обслуживания, должны быть защищены механическими кожухами, трубами или другими устройствами в соответствии с рабочей документацией.

При протяжке оптического кабеля крепление средств тяжения следует производить за несущий элемент конструкции здания (колонна и др.), используя ограничители тяжения и устройства, препятствующие закрутке кабеля. Тяговые усилия не должны превышать значений, указанных в технических условиях на кабель.

Прокладка оптического кабеля должна выполняться при температуре воздуха выше — 15°C и относительной влажности, не превышающей 80%.

Оптический кабель следует крепить на несущих конструкциях при вертикальной прокладке, а также при прокладке непосредственно по поверхности стен помещений — по всей длине через 1 м. При горизонтальной прокладке (кроме коробов) кабель крепят в местах поворота с двух сторон угла на расстоянии, равном допустимому радиусу изгиба кабеля, но не менее 100 мм от вершины угла. Радиус поворота оптического кабеля должен отвечать

требованиям технических условий на кабель.

При прокладке оптического кабеля по одиночным опорам последние устанавливают на расстояниях не более чем через 1 м, а кабель крепят на каждой опоре.

После прокладки оптического кабеля оба его конца соединяют (сращивают) с отрезками от приемопередающих устройств ВОСП.

При соединении оптических волокон с одинаковыми размерами сердцевины и одинаковым распределением показателя преломления по радиусу волокна наилучшую эффективность обеспечивает торцевое сочленение волокон. Однако при выполнении соединений в месте стыка (сростка) возникают потери (ослабление) передаваемого сигнала, условно подразделяемые на две группы. К первой группе относятся потери, связанные с особенностями метода соединения и подготовкой концов волокон, в том числе поперечное смещение сердцевины, разнесение торцов, наклон осей, угловое рассогласование. Другая группа потерь характеризуется свойствами самого оптического волокна и возникает при различных диаметрах сердцевины, неконцентричности и эллиптичности соединяемых волокон и др.

Соединения оптического кабеля могут быть разъёмными и неразъёмными. Для разъёмных соединений оптических волокон применяют соединительные втулки, штекерные соединения и металлические прецизионные наконечники. К соединителям всех типов предъявляются требования по обеспечению соосности торцов волокон, фиксации соединяемых волокон и механической защиты их стыка. Неразъёмные соединения оптических волокон выполняют электродуговой сваркой и клеевым методом.

Перед соединением с концов кабелей удаляют защитную полиэтиленовую оболочку, снимают покрытие с оптических волокон и обрабатывают стыкуемые торцы.

Для разъёмных соединений необходима обработка, торцов оптических волокон, предусматривающая их шлифование и полирование. Эти операции производят в условиях стационарных мастерских или специально оборудованных передвижных лабораторий.

Для неразъёмных сварных соединений с помощью специального инструмента выполняют скол оптических волокон, при этом на торцах не должно быть трещин, выступов, раковин и т. п.

При выполнении неразъёмных соединений клеевым методом необходимо также, чтобы после скола торец оптического волокна был абсолютно плоским и строго перпендикулярен его оптической оси. Для контроля качества обработки торца используют микроскопы или специальные приборы — интерферометры.

Разъёмные соединения. Основное требование, предъявляемое к разъёмным соединениям,—обеспечение малых потерь передаваемого сигнала. Это условие может быть выполнено лишь за счет очень высокой точности изготовления всех деталей соединения.

На рис. 3 показан разъёмный штекерный соединитель многократного использования, предназначенный для соединения оптических волокон с пластмассовым покрытием (типа кварц-полимер).

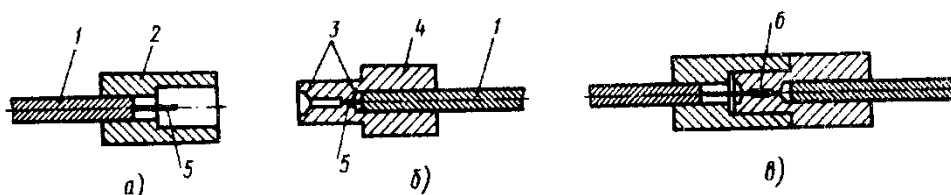


Рисунок 3. Разъёмный штекерный соединитель

(а – приемная часть; б – штыревая часть; в – разъем в сборе)

1- стальная трубка; 2 – гнездо; 3 – конические каналы; 4 – штырь; 5 – оптическое волокно; 6 – иммерсионная жидкость

Соединитель состоит из штыревой части 4 и приемной части — гнезда 2. В штыревую часть и гнездо соединителя вставляют заранее подготовленные концы оптических волокон 5, которые фиксируются в соединителе сжатием концов стальных трубок Z, предварительно надетых на пластмассовую оболочку. Перед соединением обеих частей соединителя через свободный конический канал штыря на торец оптического волокна наносят каплю иммерсионной жидкости 6 (глицерина). После соединения штыревую и гнездовую части фиксируют между собой накидной гайкой.

Другой способ выполнения разъемных соединений оптических кабелей—применение металлических наконечников (рис.4), монтируемых на конце каждого оптического волокна.

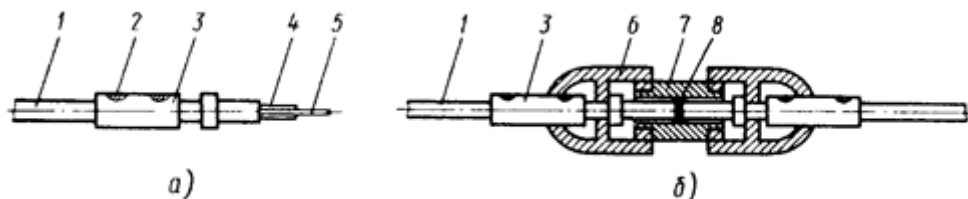


Рисунок 4. Металлический наконечник (а) и разъемный соединитель (б)

1 – оптическое волокно с защитным покрытием; 2 – отверстия для заливки эпоксидной смолы; 3 – металлический наконечник; 4 – стеклянный капилляр; 5 – волокно без покрытия; 6 – накидная гайка; 7 – соединительная втулка; 8 - иммерсионная жидкость

Для этого с конца оптического волокна 1 на расстоянии около 40 мм снимают защитное покрытие и надевают на него наконечник 3 так, чтобы волокно 5 выступало из него на 15... 20 мм, а на выступающий конец; — стеклянную капиллярную трубку 4 длиной 10 мм. Капилляр в наконечник, при этом его конец должен выступать наружу на 1... 2 мм. Предварительно на волокно и капилляр наносят слой эпоксидной смолы. Эпоксидная смола заливается также в отверстия 2 наконечника для фиксации в нем оптического волокна. После застывания смолы торец волокна шлифуют и полируют.

Аналогичные операции выполняют с оптическими волокнами присоединяемого кабеля. Соединение двух наконечников осуществляют с помощью резьбовой втулки 7 и накидных гаек 6, позволяющих плотно стыковать оптические волокна. Потери в таких соединениях не превышают 2 дБ.

Применение прецизионных втулок снижает ослабление сигнала до 1,5 дБ. Трубки имеют внутренний диаметр, откалиброванный точно по наружному диаметру оптического волокна, с коническим входом и выходом для облегчения ввода соединяемых волокон. В средней части трубок имеются отверстия для введения иммерсионной жидкости.

Неразъемные соединения. В настоящее время для неразъемных соединений оптических кабелей широкое распространение получил метод электродуговой сварки волокон как наиболее эффективный, надежный и обеспечивающий потери на стык до 0,5 дБ (рис.5).

Для этого с конца оптического волокна 1 на расстоянии около 40 мм снимают защитное покрытие и надевают на него наконечник 3 так, чтобы волокно 5 выступало из него на 15... 20 мм, а на выступающий конец; —стеклянную капиллярную трубку 4 длиной 10 мм. Капилляр в наконечник, при этом его конец должен выступать наружу на 1... 2 мм. Предварительно на волокно и капилляр наносят слой эпоксидной смолы. Эпоксидная смола заливается также в отверстия 2 наконечника для фиксации в нем оптического волокна. После застывания смолы торец волокна шлифуют и полируют.

Аналогичные операции выполняют с оптическими волокнами присоединяемого кабеля. Соединение двух наконечников осуществляют с помощью резьбовой втулки 7 и накладных гаек 6, позволяющих плотно стыковать оптические волокна. Потери в таких соединениях не превышают 2 дБ.

Применение прецизионных втулок снижает ослабление сигнала до 1,5 дБ. Трубки имеют внутренний диаметр, откалиброванный точно по наружному диаметру оптического волокна, с коническим входом и выходом для облегчения ввода соединяемых волокон. В средней части трубок имеются отверстия для введения иммерсионной жидкости.

Неразъемные соединения

В настоящее время для неразъемных соединений оптических кабелей широкое распространение получил метод электродуговой сварки волокон как наиболее эффективный, надежный и обеспечивающий потери на стык до 0,5 дБ (рис.5).

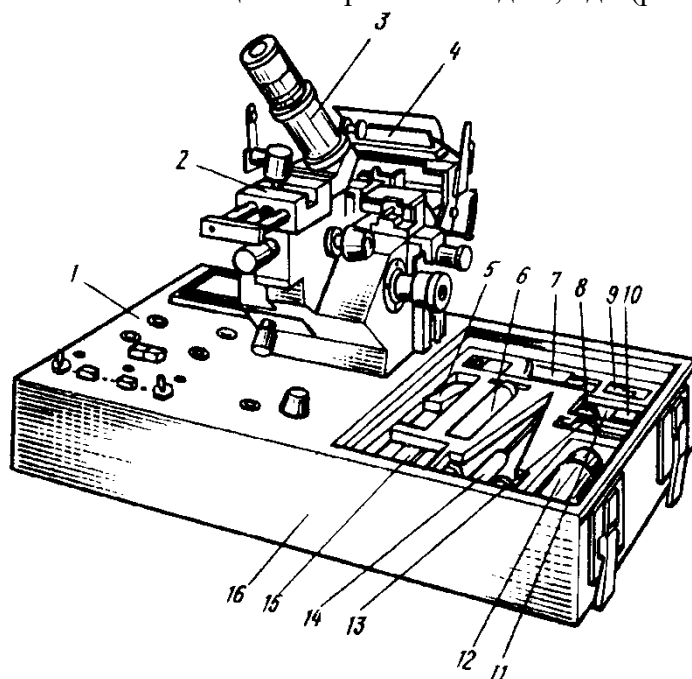


Рисунок 5. Комплект для сварки КСС-111

1- блок управления; 2 – блок юстировки; 3 – микроскоп МИР-3; 4 – устройство для защиты места сварки; 5 – инструмент ИР-1 для резки волокна; 6 – инструмент СО-2 для снятия защитно-упрочняющей оболочки волокна; 7 – устройство РО-1 для резки оболочки волокна; 8 – нож, резец в пакете; 9 – зажим; 10 – ключ, ролики в пакете; 11 – катушка с капроновой леской; 12 –насос; 13 – обвязочные нитки; 14 – отвертка, ножницы, пинцет, ключ; 15 – элементы для защиты места сварки; 16 - корпус

При этом необходимо выполнить следующие операции: подготовку оптического кабеля и волокон к сварке, сварку волокон, проверку качества сварки и нанесение защитного покрытия на место сварки. Все эти операции осуществляются с помощью комплекта для сварки КСС-111. В комплект входят устройства для сварки оптических волокон, резки оболочек оптического кабеля, снятия защитных оболочек оптического волокна, инструмента для скола оптического волокна и другие вспомогательные устройства.

Подготовку оптического кабеля к сварке начинают со снятия наружной оболочки инструментом РО-1, выполняя вначале поперечный, а затем продольный или спиральный

надрезы. Для этого кабель укладывают в канавку ролика, устанавливают необходимую глубину врезания ножа в оболочку и, вращая устройство вокруг кабеля, производят поперечный надрез оболочки. Затем инструментом СО-2 последовательно снимают защитные оболочки: боковыми ножами удаляют модульную трубку, профилированными — полиамидное покрытие, а затем слой, непосредственно примыкающий к волокну. Скол волокна производят инструментом ИР-1.

После выполнения подготовительных операций свариваемые оптические волокна укладывают в V-образные канавки зажимов и фиксируют их положение магнитными защелками в блоке юстировки волокон друг относительно друга. При выполнении юстировки между торцами оптических волокон оставляют зазор, равный $1/2 - 1/3$ диаметра волокна. Юстировку волокон контролируют через микроскоп МИР-3, перемещающийся на каретке. Микроскоп с более чем 60-кратным увеличением позволяет видеть юстируемую пару волокон в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Сварка осуществляется двумя вольфрамовыми электродами с двусторонней заточкой. Блок электродов может перемещаться в трех координатах, что позволяет располагать электроды в плоскости юстируемых волокон, а также симметрично относительно волокна.

Непосредственно перед сваркой производят оплавление концов оптических волокон для сглаживания дефектов торцевых поверхностей. При этом не допускается образование грушевидной формы конца волокна.

Электрическая схема блока сварки комплекта КСС-111 обеспечивает формирование электрического разряда, а также регулировку токов и времени горения дуги в режимах оплавления и сварки. Кроме того, в автоматизированном режиме с помощью теплового двигателя обеспечивается своевременный сдвиг волокон при сварке. Диаметр сварного стыка оптических волокон должен быть равным диаметру волокон. Увеличение или уменьшение диаметра не допускается. Качество сварки контролируется микроскопом, а затем рефлектометрическим методом. Затухание сигнала в стыке не должно быть более 0,5 дБ, в противном случае стык подлежит переделке. На каждое сварное соединение оптических волокон составляется паспорт.

В помещениях с нормальной средой и в лабораторных условиях может быть применен клеевой метод, при этом ослабление сигнала не должно превышать 1 дБ. Разделку оптического кабеля и подготовку концов волокон выполняют тем же способом, что и при сварке, за исключением снятия кремнийорганического покрытия волокна. Затем укладывают подготовленные концы в V-образные канавки специальной железной пластины, состыковывают оба волокна с зазором не более 0,01 мм и фиксируют их на пластине при помощи пружинной скобы. Далее на защитные оболочки склеиваемых волокон и железную пластину наносят эпоксидный клей, а в зазор между волокнами — 1... 2 капли оптического клея ОПН-1 или иного клея, дающего ослабление сигнала не более чем на 10%.

После отверждения эпоксидной смолы и клея на место склейки надвигают заранее надетую на одно из волокон ТУТ и усаживают ее с помощью горелки или электровоздушного нагревательного устройства.

При соединении многоволоконных оптических кабелей в случае недостаточной их строительной длины для защиты от механических повреждений, воздействий окружающей среды места соединений оптических волокон заключают в разъёмные полиэтиленовые муфты.

Монтаж соединительных муфт выполняют на монтажном столе. Вначале производят разделку оптического кабеля, предварительно надев на него элементы муфт. Для этого на расстоянии 1500 мм от конца кабеля удаляют его наружную полиэтиленовую оболочку 1 (рис.6, а).

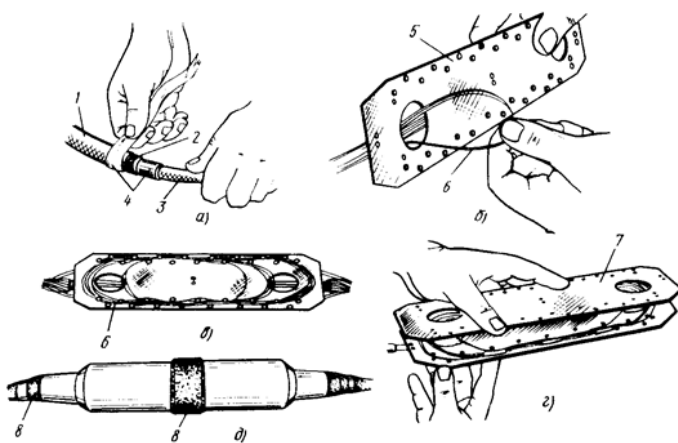


Рисунок 6. Монтаж соединительной муфты (а – наложение герметизирующей ленты; б – введение оптических волокон в кассету; в – раскладка волокон на кассете; г – установка крышки; д – муфта в сборе)

1 – полиэтиленовая оболочка; 2 – армирующие элементы; 3 – поливинилхлоридная оболочка; 4 – герметизирующая лента; 5 – кассета; 6 – оптические волокна; 7 – крышка; 8 – ТУТ

На расстоянии 5...7 мм от среза на армирующие элементы 2 накладывают бандаж из ниток, а оставшиеся элементы обрезают. На срез наружной полиэтиленовой и внутреннюю поливинилхлоридную 3 оболочки наматывают в один слой по одному пояску герметизирующей ленты 4, а затем усаживают на этом месте отрезок ТУТ. На расстоянии 2...3 мм от ТУТ удаляют поливинилхлоридную оболочку и фторопластовую ленту, извлекают оптические волокна и отгибают их в стороны. Оставшиеся профилированные элементы обоих кабелей обрезают до длины 145 мм и соединяют с помощью металлической гильзы, которую опрессовывают по концам плоскогубцами. Затем на центральном профилированном элементе устанавливают и закрепляют пластину-кассету 5с фиксаторами, через отверстия в которой вводят соединяемые оптические волокна 6 (рис.6, б).

После соединения одним из описанных выше способов оптические волокна выкладывают между фиксаторами кассеты (рис.6, в). Если соединение выполняется с помощью сварки, то место стыка защищается термоусаживающейся гильзой ГЗС. Запас оптического волокна в кассете должен составлять не менее 0,8... 1,0 м с каждой стороны кабеля.

Закончив сращивание всех волокон, на пластину с фиксаторами устанавливают крышку 7 (рис.6, г) с отверстиями, в которые должны свободно войти фиксаторы. Собранный кассету скрепляют липкой лентой и к крышке прикрепляют заполненный паспорт на смонтированную муфту.

Завершающий этап — сборка элементов муфты и уплотнение ее стыков герметизирующей лентой и отрезками ТУТ 8 (рис.6, д).

На смонтированную соединительную муфту заполняется паспорт. В паспорт вносят основные данные оптической линии связи, марку кабеля и фамилии рабочих, выполнивших монтаж муфты. Кроме того, дается схема кассеты с соединительными гильзами и указанием номеров оптических волокон, а также заполняется таблица измерения затухания в отдельных волокнах с указанием типа применяемых измерительных приборов.

Практическая работа № 16

Составление алгоритма монтажа трубных проводок систем автоматизации

Цель работы приобретение навыков работы с документами.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Назначение трубных проводок.
 - b. Перечислите виды трубных проводок и опишите их.
 - c. Составьте карту монтажа трубных проводок.

Назначение и классификация

Назначение. Под трубной проводкой понимается совокупность труб и трубных кабелей (пневмокабелей), соединительных и присоединительных устройств, арматуры, устройств защиты от внешних воздействий, крепежных установочных узлов и деталей, собранных в единую конструкцию, проложенную и закрепленную на элементах зданий и сооружений или на технологическом оборудовании.

Классификация

1. По функциональному признаку:

Импульсная линия связи – трубная проводка (или ее часть), соединяющая отборное устройство с КИП, датчиком или регулятором. Предназначена для передачи воздействий технологического параметра (жидкости, пара, газа) на чувствительный орган КИП, датчика или регулятора (Р.С. к импульсным линиям относят и капилляры манометрических термометров и регуляторов температуры, соединяющих термочувствительные элементы (термобаллоны) с манометрическими устройствами)

Командная линия связи – трубная проводка (или ее часть), соединяющая между собой отдельные функциональные блоки САУ (датчики, переключатели, вторичные измерительные приборы, преобразователи, регулирующие вычислительные и управляющие, исполнительные механизмы). Предназначены для передачи командных сигналов (давления воздуха, газа, масла, воды) от передающих устройств к приемным.

Питающая линия – трубная проводка (или ее часть) соединяющая измерительные приборы и средства автоматизации с источниками питания (компрессорами, насосами, общезаводскими питающими магистралями). Предназначена для подачи к приборам и средствам автоматизации (датчиками, преобразователями, регулируемыми и управляющими устройствам, усилителям, позиционером) воздуха, газа, масла, воды, специальных жидкостей.

Линия обогрева – трубная проводка (или ее часть), через которую подводятся и отводятся теплоносители (воздух, вода, пар и т.д.) к обогревателям отборных устройств, измерительных приборов и средств автоматизации, щитов, командных и других трубных проводок и т.п. расположенных в местах с температурой ниже допустимой.

Дренажная линия – трубная проводка (или ее часть) через которую сбрасываются продукты продувки и промывки (газы, жидкости) из приборов и средств автоматизации, импульсных и командных линий связи и других (вспомогательных) линий в отведенные для этого емкости и дренажные устройства.

Линия охлаждения – трубная проводка (или ее часть), через которую подводятся и

отводятся охлаждающие агенты (воздух, вода, рассол и т.п.) к охладителям отборных устройств, датчиков, ИМ и других средств автоматизации, расположенных в местах с температурой выше допустимой.

Вспомогательная линия – это трубная проводка (или ее часть), с помощью которой:

- подводятся к импульсным линиям связи защитные жидкости или газы, создающие в них встречные потоки для предохранения от агрессивных воздействий, закупорки, засорения и других явлений, вызывающих порчу приборов и линий;
- подводятся к импульсным линиям связи, приборам и регуляторам жидкости или газа для периодической промывки, или продувки их во время эксплуатации;
- создается параллельный поток части продукта, отбираемого из технологического аппарата или трубопровода для анализа, с целью ускорения подачи пробы к измерительному прибору, удаленному от места установки (например, к анализатору жидких нефтепродуктов и т.п.)

2. По расположению в автоматизируемом объекте:

Внутренняя проводка –трубная проводка (или ее часть) проложенная внутри здания.

Наружная проводка – трубная проводка (или ее часть) проложенную по наружным стенкам зданий, под навесом, по эстакадам и другим наружным сооружениям.

Скрытая проводка –трубная проводка (или ее часть) проложенная внутри стен, полов, перекрытий, в закрытых каналах, земле и т.п.

Открытые проводки – трубная проводка (или ее часть), проложенная по технологическим аппаратам и трубопроводам, по стенам, перекрытиям, эстакадам, в открытых каналах.

3. В зависимости от физико-химических свойств и рабочих параметров (давления и температуры) веществ, заполняющих трубные проводки их классифицируют на группы и категории.

Группа и категория, устанавливаемые для каждой трубной проводки, определяют сортимент и материалы труб и соединений, правила монтажа, испытаний, приемки и эксплуатации.

Группу и категорию трубных проводок САУ устанавливают в зависимости от заполняющей среды и ее параметров в соответствии с классификацией (таблица) [3 группы: А, Б, В; 5 категорий: I, II, III, IV, V.]

Монтаж

Соединения в трубных проводках выполняют следующими способами: сваркой и пайкой, фитингами, ниппелями, фланцами и переходными наконечниками. Фланцевые соединения уплотняют прокладками. В зависимости от среды, заполняющей трубопровод, давления и температуры прокладки изготавливают из различных материалов.

Все резьбовые соединения труб, работающие при температуре не выше 100 °С, уплотняют наворачиванием на резьбу льняной пряжи, смазанной суриком или белилами, тертыми на олифе. При температуре от 100 до 450 °С уплотнение осуществляют графитированным асбестовым шнуром.

Трубные проводки должны прокладываться в местах, доступных для осмотра и ремонта,

по кратчайшим расстояниям, с минимальным количеством поворотов и пересечений. Проводки не должны подвергаться сильному нагреванию или охлаждению. Их следует прокладывать подальше от заводских агрегатов и конструкций, перемещаемых или разбираемых в процессе эксплуатации и ремонта.

Прокладку труб внутри зданий производят по стенам, колоннам, на специально сооружаемых металлических конструкциях. В трубных проводках должна быть исключена возможность образования воздушных и газовых мешков и водяных пробок. В самых низких точках трубопроводов газовых или воздушных линий устанавливают продувочные устройства. Трубопроводы рекомендуется прокладывать со следующими минимальными уклонами: к расходомерам при измерении жидкостей и уровнемерам — 0,1; к расходомерам при измерении газов и воздуха — 0,05; к мембранным или трубным тягомерам и газоанализаторам — 0,02; к сливным самотечным масляным гидравлическим струйным регуляторам — 0,1; к дренажным — 0,0005; к манометрам — 0,02.

Направления уклонов допускаются: при измерении расхода воздуха или газа — в сторону сужающего устройства; при измерении расхода жидкостей или водяного пара — в сторону дифманометра; при измерении давления, разрежения и анализе — в сторону сборника конденсата и отбора газа.

Соединительные устройства (фитинги, ниппеля, фланцы) должны быть расположены в шахматном порядке.

Для защиты трубных проводок от коррозии трубы должны быть очищены внутри и снаружи щетками и скребками. Наружные поверхности труб до монтажа следует покрывать грунтовкой, а после монтажа и испытания проводки, несущие их конструкции и крепежные детали — красками или лаками.

Если температура окружающего воздуха достигает таких значений, при которых вещество, заполняющее трубопровод, может замерзнуть, загустеть или выделить замерзающие компоненты, трубопровод необходимо изолировать.

Трубопроводы подвергают испытаниям до наложения тепловой изоляции; испытание на прочность и плотность производят после закрепления трубопровода во всех точках при отключенных приборах и аппаратах. Пневматическому испытанию на прочность подлежат трубопроводы, работающие при давлении не более 0,7 кг/см² и температуре не выше 100 °С. Величина пробного пневматического давления не должна превышать 1 атм. Трубопроводы испытывают на плотность давлением, равным 1,5 рабочего давления.

Практическая работа № 17

Изучение правил монтажа технических средств АСУТП

Цель работы приобретение навыков работы с технической документацией.

Нормативные документы СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации
<http://www.gosthelp.ru/text/SNiP3050785Sistemyavtomat.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Документация, необходимая для монтажа технических средств АСУ ТП.
 - b. Требования к стендовым испытаниям оборудования.
 - c. Виды эксплуатационной документации.

d. Периодичность технического обслуживания оборудования.

Монтаж технических средств АСУ ТП производится в соответствии с рабочим проектом, а также отраслевыми и межведомственными нормами. При выполнении монтажных работ автоматизированных систем управления обязательно выполнение требований ТУ на монтаж средств автоматизации, правил и инструкций Госстандарта, правил техники безопасности и охраны труда, правил противопожарной техники.

До начала монтажа технических средств автоматизированных систем управления должны быть подготовлены все необходимые помещения с установкой фундаментов для оборудования, двой-ных полов для прокладки кабельных каналов, закладкой коробов, труб в по-лах и стенах, устройством траншей и т. п. Все перечисленные работы должны быть оговорены строительным заданием.

Помещения для установки технических средств автоматизированных систем управления должны быть не запылёнными, искро- и взрывобезопасными (за исключением применения специаль-ной аппаратуры, что оговаривается ТУ), температура и влажность воздуха должны соответствовать условиям эксплуатации технических средств, оговоренных в ТУ.

Технические средства АСУ ТП перед установкой должны пройти стендовые испытания, которые определяют:

целостность конструкции и электрических цепей автоматизированных систем управления; сопротивление изоляции;

электрическое напряжение на выходных зажимах трансформаторов, вы-прямителей автоматизированных систем управления;

погрешность систем управления технологическими процессами;

срабатывание регулирующих и сигнализирующих устройств систем управления технологическими процессами. Окончательную наладку технических средств производят после их мон-тажа при проведении пусконаладочных работ систем управления.

Монтаж электрических соединений систем управления технологическими процессами выполняется в строгом соответствии с монтажными схемами, таблицами соединений и кабельными журналами. Для внешних соединений используются провода или кабели с медными жи-лами диаметром не менее 0,5 мм, для цепей питания, соединений датчик - прибор — провода диаметром не менее 1,5 мм. Измерительные цепи систем управления технологическими процессами можно объединить в общий экранированный, бронированный или проложенный в трубе кабель. Силовые цепи должны выделяться в отдельные кабели.

Соединения технических средств между собой на одной панели должны выполняться без вывода соединяющих проводов на промежуточные зажимы. Все кабели и провода систем управления, а также клеммники и разъемы должны иметь маркировку в соответствии с монтажной схемой. Средства ВТ соединяются между собой с помощью поставляемого заводом-изготовителем монтажного комплекта, состоящего из стандартных кабелей мерной длины и кабельных соединительных коробок, позволяющих удлинять и разветвлять соединительные линии. Внутри коробок соединения выполняются пайкой.

Шкафы, стойки, входящие в состав одного функционального устройства промышленных систем управления, а также щиты и панели управления должны быть соединены с контуром защитного заземления, выполняемого многожильным медным проводом площадью сечения до 20 мм².

Технические средства АСУ ТП устанавливают в соответствии с рабочей и эксплуатационной документацией на систему в предварительно подготовленных помещениях. Средства ВТ размещают в отдельном зале, оборудованном кондиционерами, щиты и панели управления — в помещениях операторных пунктов, аппаратуру связи — в аппаратном зале.

Технологическая последовательность монтажа, способы и правила его выполнения и проверки устанавливаются эксплуатационной документацией на систему и включают:

порядок транспортирования технических средств к месту монтажа промышленных систем управления;

правила распаковки технических средств автоматизированных систем управления;

правила осмотра и проверки комплектности промышленных систем управления;

правила расконсервации автоматизированных систем управления;

правила размещения монтажного оборудования систем автоматизации;

очередность монтажа систем автоматизации;

способы монтажа промышленных систем управления;

методику проверки правильности выполнения монтажа требованиям документации автоматизированных систем управления.

Все монтажные работы систем автоматизации должны выполняться промышленными методами с использованием унифицированных узлов монтажного оборудования.

Техническое обслуживание и эксплуатацию АСУ ТП выполняют в соответствии с инструкциями по техническому обслуживанию и эксплуатации, которые определяют порядок, правила, виды и периодичность обслуживания и технического освидетельствования АСУ ТП. Правила технического обслуживания должны включать исчерпывающие данные и указания по обеспечению постоянной исправности и эффективного функционирования АСУ ТП.

Виды и периодичность технического обслуживания систем автоматизации определяет разработчик АСУ ТП. Для каждого вида технического обслуживания указываются состав специалистов, выполняющих работы, специальные требования к помещениям и рабочим местам, характеристики общего и специального оборудования, приводятся перечни стендов, контрольно-измерительных приборов, принадлежностей, инструмента и материалов, необходимых для выполнения работ по техническому обслуживанию.

Порядок технического обслуживания программируемых логических контроллеров (ПЛК) устанавливается указаниями по техническому осмотру и проверке работоспособности комплекса технических средств, а также перечнями основных работ и проверок технического состояния после выполнения работ по техническому обслуживанию с указанием необходимого специального оборудования, контрольно-измерительных приборов, инструмента, принадлежностей.

Техническое освидетельствование определяет порядок и периодичность освидетельствования АСУ ТП органами инспекции и надзора с указанием контрольно-измерительных приборов и аппаратуры КТС, подлежащих периодической проверке, и методики поверки, включающей:

назначение измерительного прибора, принцип его действия и сроки поверки;
перечень проверяемых характеристик программируемых логических контроллеров (ПЛК);
указания о подготовке прибора к поверке и методику поверки; указания о порядке пломбирования.

Техническое обслуживание входящих в АСУ ТП средств ВТ предполагает, помимо выполнения основных правил и указаний инструкций, широкое использование системы встроенного контроля обработки информации и исправности оборудования, а также проведение плановых профилактических работ. Это позволяет не только улучшить показатели надёжности АСУ ТП, но и сократить эксплуатационные расходы. Система встроенного контроля основана на введении избыточности с применением программных и аппаратных методов. Основные виды программного контроля: поверочные и диагностические тесты и программно-логический контроль (двойной счет, контрольные соотношения, алгоритмический контроль).

Поверочные тесты промышленных компьютеров систем автоматизации — специальные программы для обнаружения неисправностей в ЭВМ. При комплектации АСУ ТП поверочные тесты для ЭВМ входят в состав общего программного обеспечения.

Диагностические тесты промышленных компьютеров систем автоматического управления — специальные программы моделей возможных неисправностей. Двойной счет основан на повторении рабочей программы или ее части и сравнении полученных решений, что позволяет обнаружить случайные сбои в программе и отказы программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Контрольные соотношения, представляющие собой известный результат решения основной программы или ее части при подстановке заданных коэффициентов, используются при разработке рабочих программ для обнаружения отказов ЭВМ или ошибок в программе.

Алгоритмический контроль промышленных компьютеров систем автоматизации основан на использовании упрощенных контрольных алгоритмов.

Аппаратный контроль промышленных компьютеров систем автоматического управления предусматривает введение избыточности кодирования чисел и слов специальными кодовыми комбинациями за счет дополнительных контрольных разрядов. Аппаратный контроль позволяет контролировать каждую операцию в машине, обеспечивает мгновенное обнаружение неисправности и не снижает производительности программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Практическая работа № 18

Изучение правил монтажа электрических проводок в системах контроля

Цель работы	приобретение навыков работы с технической документацией.
Нормативные документы	РМ 14-177-05 Инструкция по монтажу электрических проводок систем автоматизации. Часть 1. Опорные, несущие и защитные конструкции

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Подключение кабелей и проводов.
 - b. Вводы, оконцевание, соединение и подключение кабелей и проводов.
 - c. Разборные и неразборные соединения.
 - d. Соединение стальных защитных труб.
 - e. Специальные защитные проводники.
 - f. Волоконно-оптические кабели.

Подведенные к техническим средствам автоматизации кабели и провода подключают к ним через присоединительные устройства: винтовые зажимы, штепсельные разъемы, низкочастотные соединители (например, кабельные вилки и розетки и др.).

К настольным техническим средствам кабели и провода подключают через переходные устройства, установленные на стене, через штатные гибкие кабели. При установке столов на удалении от стены переходные устройства должны быть жестко закреплены на них.

Подключаемые к техническим средствам автоматизации жилы кабелей и проводов должны иметь запас по длине, достаточный для их двухкратного подключения.

Жилы медных кабелей и проводов в зависимости от сечения должны подключаться к присоединительным устройствам технических средств систем автоматизации следующими способами:

а) медные однопроволочные сечением менее 1 мм² - навивом, пайкой, а при присоединении к зажиму - через наконечники;

б) однопроволочные сечением 1 - 6 мм² и многопроволочные сечением 1 - 2,5 мм² - непосредственно под винт или болт. При этом в зависимости от конструкции выводов и зажимов приборов, аппаратов и сборок зажимов оконцовываются кольцом или штырем; концы многопроволочных жил (кольца, штыри) должны быть облужены, штыревые концы могут опрессовываться штифтовыми наконечниками;

в) однопроволочные жилы сечением свыше 6 мм², а многопроволочные свыше 2,5 мм² - под винтовой зажим. При этом концы жил должны быть оконцованы наконечниками с помощью пайки или спрессовывания.

Если конструкция выводов и зажимов технических средств автоматизации требует или допускает иные способы присоединения однопроволочных медных жил проводов и кабелей, должны применяться способы присоединения, указанные в соответствующих стандартах и технических условиях на эти технические средства.

Применение алюминиевых проводов и кабелей в системах автоматизации не рекомендуется.

Присоединение жил проводов и кабелей к техническим средствам автоматизации, имеющим выводные устройства в виде штепсельных разъемов, должно выполняться через переходные участки с использованием гибких медных проводов или кабелей, прокладываемых от сборок зажимов или соединительных коробок до соответствующих технических средств.

Разборные и неразборные соединения медных жил проводов и кабелей с выводами и зажимами приборов, аппаратов, сборок зажимов выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 10434.

Монтаж электропроводок информационных сетей в целях снижения уровня электромагнитных помех должен осуществляться с соблюдением ряда дополнительных требований.

Смонтированные электропроводки информационных сетей (кабели, защитные трубы, короба) следует выделять либо формой (окраской) маркировочных бирок, либо нанесением на них отличительной (опознавательной) окраски.

Соединение стальных защитных труб между собой, с протяжными коробками, коробами и т.д. в помещениях всех классов следует осуществлять стандартными резьбовыми соединениями.

В помещениях всех классов, кроме взрыво- и пожароопасных зон, допускается производить соединение стальных тонкостенных защитных труб гильзами из листовой стали или стальными трубами большего диаметра с последующей обваркой по всему периметру мест соединения: при этом не допускается прожог труб.

При монтаже электропроводок взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств к ним предъявляют дополнительные требования, установленные ПБ 09-540.

Технические средства систем автоматизации и элементы проводок, конструктивов и монтажных конструкций заземляются согласно рабочей документации в соответствии с ГОСТ Р 50571.3.

Заземляющие и специальные защитные проводники технических средств не должны использоваться в качестве нулевого рабочего проводника (при электропитании по схеме «фаза-нуль»).

Специальные защитные проводники, используемые для защиты информационных каналов от электромагнитных помех, использовать в качестве защитных от поражения электрическим током не допускается.

В качестве заземляющих проводников для конструктивов, технических средств и электропроводок систем автоматизации должны применяться стандартные медные гибкие проводники:

- для заземления экранов и брони контрольных кабелей проводники типа П; проводники припаивают к брони или экрану кабельной линии;

- для заземления технических средств и конструктивов типа П150 - П750.

Сечение заземляющих медных проводников должно быть не менее 4 мм².

Сопротивление заземляющих устройств систем автоматизации должно быть не более 4 Ом.

Волоконно-оптические кабели

Прокладка оптических кабелей (ОК) выполняется в соответствии с рабочей документацией способами, аналогичными принятым при прокладке электрических и трубных проводок, а также кабелей связи.

Оптические кабели допускается прокладывать в одном лотке, коробе или трубе совместно с другими видами проводок систем автоматизации.

Одно- и двухволоконные кабели запрещается прокладывать по кабельным полкам.

Запрещается для прокладки оптического кабеля использовать вентиляционные каналы и шахты и пути эвакуации.

Оптические кабели, прокладываемые открыто в местах возможных механических воздействий на высоте до 2,5 м от пола помещения или площадок обслуживания, должны быть защищены металлическими кожухами, трубами или другими устройствами в соответствии с рабочей документацией.

При протяжке оптического кабеля крепление средств тяжения следует производить за силовой элемент, используя ограничители тяжения и устройства против закрутки. Тяговые усилия не должны превышать значений, указанных в технических условиях на кабель.

Прокладка оптического кабеля должна выполняться при климатических условиях, определенных в технических условиях на кабель. Прокладку оптического кабеля при температуре воздуха ниже минус 10 °С или относительной влажности более 80 % выполнять не допускается.

В местах подключения оптического кабеля к приемопередающим устройствам, а также в местах установки соединительных муфт необходимо предусматривать запас кабеля.

Запас должен быть не менее 2 м у каждого сращиваемого оптического кабеля или приемопередающего устройства.

Оптический кабель следует крепить на несущих конструкциях при вертикальной прокладке, а также при прокладке непосредственно по поверхности стен помещений - по всей длине через 1 м; при горизонтальной прокладке (кроме коробов) - в местах поворота.

На поворотах оптический кабель необходимо крепить с двух сторон угла на расстоянии, равном допустимому радиусу изгиба кабеля, но не менее 100 мм, считая от вершины угла. Радиус поворота оптического кабеля должен отвечать требованиям технических условий на кабель.

При прокладке оптического кабеля по одиночным опорам следует применять кабели специальной конструкции (самонесущие). Опоры должны быть установлены не более чем через 1 м, а кабель должен быть закреплен на каждой опоре.

Допустимый статический радиус изгиба должен быть равен 20 номинальным наружным диаметрам оптического кабеля; для ОК, прокладываемых в кабельной канализации, допустимый радиус изгиба не должен превышать 250 мм. Допустимый радиус изгиба оптического волокна при монтаже - не менее 3 мм (в течение 10 мин.)

Допустимый статический радиус изгиба оптических модулей должен соответствовать требованиям технических условий заводов-производителей на конкретный тип ОК. При монтаже ОК не должны превышать допустимые механические нагрузки, указанные в технических условиях. Монтаж и эксплуатация подвесных ОК должны осуществляться в соответствии с требованиями технических условий заводов-производителей.

В процессе монтажа оптических кабелей осуществляется пооперационный контроль его параметров:

- измерение параметров кабеля перед прокладкой;
- измерение параметров кабеля после прокладки;
- измерение параметров кабеля после монтажа соединительных муфт.

Практическая работа № 19

Изучение правил монтажа электрических проводок в системах регулирования

Цель работы приобретение навыков работы с технической документацией.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы (в письменной форме):
 - a. Опишите технологию выполнения объемного монтажа.
 - b. Охарактеризуйте все виды монтажа электропроводок.

К объемному электромонтажу, условно, можно отнести следующие его виды.

1. Объемный монтаж «объемными» электрическими проводами.

Такой монтаж применяется при соединении исполнительных механизмов с достаточно большими токами, протекающими в цепях. Провода рассчитываются по допустимому значению токов. Ориентировочно можно принять удельное значение токов 10 А/мм². Более точное значение допустимых токов рассчитывается исходя из материала провода, вида изоляции, допустимого нагрева, по экономической плотности тока (отношение расчетного тока к допустимому удельному значению плотности тока для заданных условий работы) и др.

Монтаж, как правило, выполняется вручную. В последнее время все шире применяются элементы для механического соединения проводов. Такая технология повышает надежность соединения. Вероятность безотказной работы для паяного соединения 0,985, а при механическом соединении 0,998.

Для облегчения процесса проектирования прокладываемых проводов (жгута), правильного выбора и заказа компонентов компанией Tyco Electronics была разработана программа Harn Ware, по данным компании Bee-Pitron (WWW.Bee-Pitron.com).

Процесс проектирования в этой программе начинается с ввода топологии жгута, длин и электрической схемы. В процессе работы программа Harn Ware позволяет выбрать правильные компоненты, определить маршруты проводящих линий, автоматически уточняет длины проводов, рассчитывает последовательность скрутки проводов и диаметры отдельных участков жгута (отдельно пучка проводов, проводов с экраном, проводов с экраном и защитной трубкой), автоматически генерирует полную спецификацию заказных компонентов, оценивает трудоёмкость монтажа и контроля.

Использование программы Harn Ware значительно снижает трудоёмкость проектирования сложных электрических жгутов. Автоматический расчёт диаметров наборных жгутов с учётом толщины экрана и оболочки позволяет автоматически выбирать из базы данных термоусаживаемые компоненты подходящего размера и сразу вносить их в спецификацию.

Для корректной работы программы Harn Ware конструктор должен задать положение жгута в пространстве, а топология жгута (разветвления, радиусы изгиба отдельных ветвей, точные длины плеч) может быть получена лишь в результате процесса макетирования. Создать электронные модели разъемов будущего жгута, с использованием модуля Electrical Librarian и Part Design системы CATIA. Подробное и точное изображение не требуется, достаточно соблюсти реальные размеры разъемов.

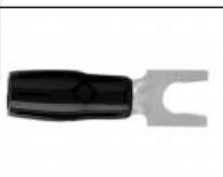
Термоусаживаемые компоненты – это элементы защиты мест соединений от воздействия механо-климатических факторов. Например, мест присоединения проводов к разъему, мест соединения проводов, мест присоединения к исполнительным элементам. Компонент

выполняется в виде трубчатого элемента, на него воздействуют радиационным облучением, при этом разрываются внутренние связи, и он становится более гибким. После установки на жгут компонент подвергается тепловому воздействию феном, и он приобретает требуемую форму.

Винтовая клемма



В винтовой клемме установлен лифтовой механизм, надежный вибростойкий контакт. Исполнение клеммы из коррозионностойких и ударопрочных материалов.



Ви-

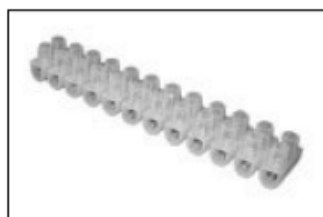


ды

элементов для объемного монтажа (клеммы, вид наконечника, провод в сборе с клеммой).

Клеммные зажимы винтовые КЗВ.

Зажимы КЗВ предназначены для присоединения проводников из меди и алюминия.



Материал соединения: латунь;
материал корпуса: полиэтилен

Рис. 4.1. Виды элементов объемного монтажа



Браслеты заземления
Алюминиевые и медные

кабели должны быть обрезаны без сколов и деформаций. Данные инструменты оснащены встроенным механическим усилителем.

Инструменты для обрезки проводов



ны



Инструмент для обрезки проводов и снятия изоляции

Инструмент для обрезки проводов и снятия изоляции точно адаптируется под площадь сечения кабеля, изолирующего материала и диаметр кабеля. Безопасность и точность гарантируется в диапазоне от 0.08 до 16 мм². Инструменты самонастраивающиеся и оснащены встроенным бокорезом.



Инструменты для обжима

Эти инструменты предназначены для обжима изолированных и неизолированных кабельных наконечников, неизолированных кабельных разъемов, кольцевых и ножевых наконечников. Инструменты для обжима оснащены стопором для точного обжима.

Рис. 4.2. Инструмент для работы с “объемными” проводами

Провода, жгуты, компоненты могут быть выполнены с выдерживанием температуры до 1200°C.

Жесткий монтаж

Сущность монтажа заключается в том, что выводные концы ЭРЭ соединяются обычными, объемными, проводниками по наикратчайшему расстоянию. При монтаже провод натягивается, припаивается и, при необходимости, закрепляется. Такой монтаж выполняется с минимальным количеством проводов малой длины. Жесткий монтаж применяется в тех случаях, когда блок предъявляются жесткие требования в отношении наводки и взаимовлияний.

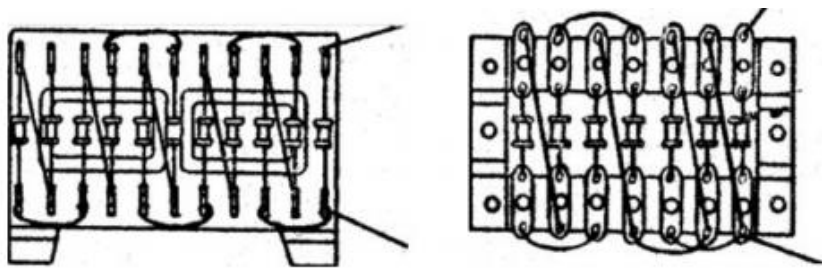


Рис. 4.3. Жесткий монтаж.

Монтаж на расшивочных панелях

Сущность монтажа заключается в том, что при монтаже используются расшивочные элементы, которые «расшивают», разъединяют схему на отдельные части. Расшивочные элементы

- это разъемы, монтажные колодки и т.п. Монтаж на расшивочных панелях применяется в тех случаях, когда к блоку не предъявляются жесткие требования по паразитным наводкам и взаимовлиянию. Преимуществом этого вида монтажа являются простота монтажных работ, простота замены вышедших из строя электроэлементов, возможность производить монтаж расшивочных панелей вне блока.

Комбинированный монтаж

Комбинированный монтаж объединяет жесткий монтаж и монтаж на расшивочных панелях. Применяется в том случае, когда схема изделия имеет в своем составе низкочастотные цепи, цепи постоянного тока и высокочастотные. Высокочастотные цепи выполняются жестким монтажом, а остальные на расшивочных панелях.

Монтаж с применением жгутов

Монтаж с применением жгутов или жгутовой монтаж широко применяется при наличии двух и более монтажных проводов, идущих параллельно в серийном типе производства. Все провода объединяются в жгут. Этот вид монтажа позволяет значительно упростить монтаж блока, так как жгут может быть изготовлен вне блока, при этом появляется возможность механизации работ по изготовлению жгута. Технология изготовления жгута: изготавливают шаблон в масштабе 1:1, представляющий собой лист фанеры с набитыми шпильками в местах перегиба проводов; прокладывают провода в соответствии с таблицей соединений; вяжут жгут хлопчатобумажными нитками. Выполняют, при необходимости, электроизоляцию локотканью или кожей; и снимают жгут. Монтажник накладывает жгут на собранную схему прибора и припаивает выводные элементы.

Практическая работа № 20

Составление алгоритма монтажа трубных проводок в системах регулирования

Цель работы приобретение навыков работы по монтажу проводок в системах регулирования.

Нормативные документы РМ 14-177-05 Инструкция по монтажу трубных проводок систем автоматизации. Часть 1. Опорные, несущие и защитные конструкции
<http://www.gosthelp.ru/text/RM1417705Instrukciyapomon.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа трубных проводок.

Монтаж должен обеспечить плотность и прочность трубных проводок, соединений труб между собой и присоединение их к арматуре и средствам автоматизации, а также надежность крепления труб к опорным конструкциям, а самих конструкций - к строительным основаниям. Независимо от функционального назначения все трубные проводки должны быть промаркированы в соответствии с проектом маркировочными бирками, прочно прикрепленными к трубам в каждом помещении у концов проводок. Трубные проводки должны иметь защитные покрытия, нанесенные по очищенной поверхности труб и металлоконструкции. Пластмассовые трубы окраске не подлежат, а трубы из цветных металлов окрашивают лишь в случаях, предусмотренных проектом. Окрашенные поверхности должны быть гладкими и ровными.

Работы по монтажу трубных проводок можно разделить на следующие этапы: разметка трассы трубных проводок и мест установки опорных конструкций, заготовительные работы, прокладка, испытание и сдача.

Монтаж трубных проводок осуществляют по рабочему проекту (рабочей документации) и в соответствии с проектом производства работ (ППР). Перед прокладкой размечают трассы. При разметке руководствуются следующими требованиями:

трубные проводки выполняют в соответствии с проектом по кратчайшим расстояниям между соединяемыми средствами автоматизации, параллельно стенам, перекрытиям и колоннам, в местах, удобных для монтажа и их обслуживания, с минимальным числом поворотов, изгибов и пересечений;

в местах прокладки трубных проводок не должно быть резких колебаний температуры окружающего воздуха и мест возможного нагревания и охлаждения;

трассы должны проходить на расстоянии не менее 25-30 мм от стен и колонн и возможно дальше от технологического оборудования, а также от мест возможных вибраций, сотрясений и механических воздействий. При прокладке пластмассовых труб в защитных коробах расстояние их от стен, колонн, эстакад и других вертикальных элементов зданий и сооружений, а также между собой не должно быть менее 50 мм, а расстояние по вертикали от потолков или балок перекрытия до крышек коробов - 300 мм;

крепление опорных конструкций на поворотах трассы выполняют на расстоянии не менее 0,3-0,5 м;

радиусы изгиба труб должны быть минимальными. Для пневмокабеля - не менее 10 его наружных диаметров (при температуре до -40°C), а для районов с пониженными температурами (от -40 до -50°C) - не менее 20 наружных диаметров кабеля.

Соединение труб выполняют после предварительного закрепления трубных проводок на опорных конструкциях и строительных основаниях, соблюдая следующие правила:

соединения не располагают на изгибах, поворотах, в местах крепления и на компенсаторах трубных проводок у температурных швов зданий;

от места крепления трубной линии на опорной конструкции соединения располагают не ближе 200 мм;

трубные проводки при подсоединении к средствам автоматизации не должны создавать остаточных механических напряжений в корпусах и присоединительных устройствах.

Соединения трубных проводок в зависимости от условий работы и рода заполняющей среды выполняют неразъемными и разъемными.

Различают два вида соединения труб: неразъемные и разъемные. К неразъемным соединениям относят такие, которые можно разобрать только с нарушением целостности трубы или для разъема которых необходимо вращение одной или нескольких соединенных труб. Их применяют для соединения труб на трассе. Неразъемные соединения выполняют сваркой и пайкой.

Сварку производят встык или с помощью муфты. Для соединения медных и латунных труб применяют также пайку встык с развальцовкой или с муфтой. Эксплуатация спаянных труб допускается при температуре среды до 200°C.

Неразъемное соединение полиэтиленовых труб наружным диаметром 10 мм и выше образуют сваркой в раструб или с применением приварных фасонных частей. Для образования разветвлений, перехода с одного диаметра трубы на другой используют полиэтиленовые фасонные части без резьбы - тройники, крестовины, угольники, переходы.

Практическая работа № 21

Изучение правил монтажа приборов для измерения и регулирования температуры - термометров сопротивления (термопар)

Цель работы изучение правил монтажа и наладки системы измерения температуры с термоэлектрическими преобразователями (термопарами).

Нормативные документы РМ 14-177-05 Инструкция по монтажу трубных проводок систем автоматизации. Часть 1. Опорные, несущие и защитные конструкции
<http://www.gosthelp.ru/text/RM1417705Instrukciyapomon.html>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Заполните таблицу.

Порядок выполнения

Перед началом монтажа системы измерения температуры с термоэлектрическим преобразователем необходимо провести внешний осмотр и проконтролировать фазировку термопреобразователя (термопары).

При внешнем осмотре проверяют отсутствие видимых повреждений защитной арматуры и зажимов термопреобразователя.

Полярность термоэлектродов может быть определена с помощью контрольного прибора (милливольтметра, переносного потенциометра). При соединении «плюса» контрольного прибора с «плюсом» термопары стрелка контрольного прибора отклоняется вправо.

С учетом того, что у всех термоэлектрических преобразователей промышленного производства должен маркироваться положительный термоэлектрод, следует проверить соответствие маркировки и действительной полярности электродов.

Следующая операция – проверка сопротивления электрической изоляции между термоэлектродами и металлической частью защитной арматуры с помощью тестера (омметра). При низком сопротивлении изоляции следует проверить изоляцию испытательным напряжением с помощью мегомметра на 500 В.

Электрическая изоляция должна выдерживать это напряжение в течение минуты при одних и тех же параметрах температуры и влажности окружающей среды.

По окончании этих операций установить термопреобразователь в объект контроля по правилам, рассмотренным выше.

Подключить к термопреобразователю термоэлектродный (компенсационный) провод. Термоэлектродный провод должен быть подключен к зажимам в головке преобразователя в соответствии с полярностью жил.

После указанных операций следует закрыть крышку на головке преобразователя, проверить наличие уплотнительной прокладки, сальника на вводе провода в головку.

Термоэлектродный провод проложить в коробе или в защитной трубе. Сопротивление линии связи и термоэлектрического преобразователя милливольтметров $R_{вн}$ должно иметь определенное значение (5 или 15 Ом), указанное на шкале прибора. Допустимое отклонение сопротивления катушки должно быть не более $+0,1 R_{вн}$.

Сопротивление линии связи и преобразователя измеряется мостом постоянного тока типа МО-62 или универсальным прибором типа Р4833 и подгоняется до нужного значения с помощью манганиновой катушки.

После перечисленных операций наладка термоэлектрического преобразователя и линии связи считается законченной.

При проведении предмонтажной проверки потенциометр или милливольтметр должен быть приведен в нормальное рабочее состояние.

При проверке соединения образцового прибора с поверяемым осуществляется медными или термоэлектродными проводами с учетом требуемого внешнего сопротивления. После прогрева потенциометра или милливольтметра при любом значении задаваемого напряжения в диапазоне измерения необходимо оценить реакцию приборов на изменение входного сигнала.

Убедившись в том, что приборы правильно реагируют на изменение входного сигнала, необходимо приступить к проверке основной погрешности.

На рис. 3 показана схема проверки потенциометра при наличии манганиновой катушки.

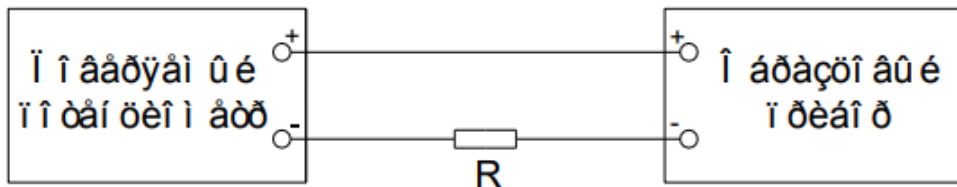


Рис. 3. Схема проверки потенциометра

Поверяемый и образцовый приборы соединяются медными проводами. Сопротивление R устанавливают таким, чтобы оно совместно с выходным сопротивлением образцового прибора было равно 0,8–1,0 наибольшего значения сопротивления термоэлектрического термометра, включая сопротивление линии связи.

Проверку потенциометра производят на оцифрованных точках в соответствии с температурой свободных концов. При использовании данной схемы температура свободных концов приводится к температуре 30 °С (это определяется номинальными значениями сопротивлений катушек).

Тогда по ГОСТ 3044-84 для любой проверяемой оцифрованной отметки шкалы при температуре свободных концов 30 °С выбираются соответствующие значения термо ЭДС, мВ (см. Приложение).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Номинальные статические характеристики термоэлектрических преобразователей по ГОСТ 3044-84

Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ	Температура рабочего конца, °С	Температура рабочего конца, °С	Термо- ЭДС, мВ
Преобразователь типа ТВР, характеристика преобразователя ВР(А)-1 (диапазон температур: от 0 до 2500 °С)							
0	0,000	700	11,283	1350	21,284	2000	29,181
100	1,337	750	12,112	1400	21,971	2050	29,693
150	2,086	800	12,933	1450	22,645	2100	30,189
200	2,871	850	13,746	1500	23,306	2150	30,576
250	3,682	900	14,549	1550	23,953	2200	31,138
300	4,512	950	15,342	1600	24,588	2250	31,589
350	5,354	1000	16,125	1650	25,209	2300	32,024
400	6,203	1050	16,898	1700	25,816	2350	32,445
450	7,055	1100	17,659	1750	26,411	2400	32,853
500	7,908	1150	18,409	1800	26,992	2450	33,250
550	8,758	1200	19,146	1850	27,560	2500	33,638
600	9,605	1250	19,872	1900	28,114	—	— Ак
650	10,448	1300	20,584	1950	28,655	—	— Чтс
Преобразователь типа ТВР, характеристика преобразователя ВР(А)-2 (диапазон температур: от 0 до 1800 °С)							

Например, для оцифрованной точки 300 °С потенциометра градуировки ХА значение термо ЭДС при температуре свободных концов 30 °С равно 11,004 мВ.

При выборе образцового потенциометра для определения основной погрешности поверяемого потенциометра следует помнить, что их допускаемые погрешности должны соответствовать условию:

$$\Delta \leq \frac{\Delta_{\text{пов}}}{3}$$

Основная погрешность определяется не менее, чем на пятиотметках шкалы, включая начальную и конечную отметку.

Путем увеличения напряжения на образцовом потенциометре необходимо стрелку поверяемого потенциометра последовательно установить на оцифрованных отметках шкалы, соответствующих 0, 20, 40...100 % диапазона измерения прибора, а затем в обратном направлении.

Показания образцового прибора в том и другом случае необходимо записать в табл. 1. В ту же таблицу записываются действительные значения ЭДС, соответствующие данной температуре, которые определяются из градуировочных таблиц (см. приложение).

Таблица 1

ТермоЭДС стандартной термопары		Показания образцового прибора		Вариация, %	Основная погрешность, %
°С	мВ	Прямой ход, мВ	Обратный ход, мВ		

После измерений рассчитывают основную погрешность по формуле:

$$\gamma = \frac{E - E_o}{E_k - E_n} 100\%,$$

где γ – основная погрешность, %; E – значение ЭДС, соответствующее проверяемой точке по градуировочной таблице, мВ; E_o – показания образцового прибора, мВ; E_k и E_n – значение ЭДС, соответствующее концу и началу шкалы проверяемого прибора, мВ.

Вариация прибора определяется по формуле:

$$B = \frac{E_{\text{пр}} - E_{\text{об}}}{E_k - E_n} 100\%$$

где B – вариация прибора, %; $E_{\text{пр}}$ и $E_{\text{об}}$ – показания образцового прибора при прямом и обратном подходе к проверяемой точке. Результаты вычислений также записываются в табл. 1.

Прибор считается исправным, если наибольшая основная погрешность меньше класса точности прибора.

Предел допускаемого значения вариации не должен превышать абсолютного значения предела допускаемого значения основной погрешности. Если основная погрешность показаний потенциометра превышает допускаемое значение, то необходимо провести юстировку.

Юстировка включает в себя совокупность операций по доведению погрешностей приборов до значений, соответствующих техническим требованиям. При юстировке вместо манганиновых спиралей катушек измерительной схемы, которые служат для изменения показаний в начале и конце шкалы, следует подключить образцовые магазины сопротивлений МСР-63 с учетом сопротивления соединительных проводов.

На одном магазине нужно установить сопротивление, соответствующее начальной отметке, а на другом – сопротивление, соответствующее конечной отметке шкалы, и, поочередно изменяя сопротивление на магазинах, добиться совпадения крайних отметок шкалы.

По сумме сопротивлений (сопротивление на магазине и сопротивление соединительных проводов от магазина до измерительной схемы) с помощью универсального прибора типа Р4833 или моста постоянного тока МО-62, необходимо подогнать сопротивление спиралей до этого значения с точностью $\pm 0,01$ Ом.

После окончания юстировки необходимо повторно проверить правильность показаний потенциометра по оцифрованным отметкам.

Перед подключением линии связи к измерительному прибору необходимо измерить термоЭДС на термоэлектродных проводах у прибора (с помощью переносного потенциометра ПП-63).

После измерения термоЭДС в полученное значение напряжения вводится поправка на температуру свободных концов термоэлектродного провода в месте замера. Поправка (в милливольтках) суммируется с показанием переносного потенциометра, если температура окружающей среды положительная, и вычитается, если отрицательная. Значение температуры окружающей среды контролируется стеклянным лабораторным термометром.

Пользуясь приложением, для соответствующей градуировки термоэлектродов находят действительное значение температуры в месте установки термоэлектрического преобразователя. Затем линию связи следует подключить к потенциометру и сопоставить информацию о значении измеряемого параметра по местному ртутному термометру с показаниями потенциометра.

Практическая работа № 22

Изучение правил монтажа приборов для измерения и регулирования температуры - термопреобразователя сопротивления, пирометров.

Цель работы изучение правил монтажа термосопротивлений.

Нормативные документы руководстве по эксплуатации ТНИВ.405511.002 РЭ основанном на межгосударственном стандарте СНГ - ГОСТ 8.586.5 - 2005 и на международных стандартах EN 1434 – 2007

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Ответьте на вопросы:
 - a. Требования у монтажу.
 - b. Правила установки термопреобразователей на трубопроводе.

Прежде, чем рассматривать требования к монтажу термометров сопротивления следует отметить, что на погрешность измерения температуры могут влиять следующие монтажные и электрические факторы:

- ✓ место установки датчика выбрано неправильно;
- ✓ неправильно выбрана длина монтажной части термометра сопротивления;
- ✓ плохое качество уплотнения датчика (утечка среды из отбора);
- ✓ отсутствие теплоизоляции на оборудовании или трубопроводе;
- ✓ плохой контакт в соединениях оборудования;
- ✓ попадание влаги и конденсата в клеммную головку термометра сопротивления;
- ✓ замыкание внутренних проводников термометра сопротивления;
- ✓ неправильно выбрана схема соединения датчика и прибора (без подгонки сопротивления линии, без компенсационного провода);
- ✓ градуировка термометра сопротивления не соответствует градуировке регистрирующего прибора.

Поэтому перед тем, как монтировать термопреобразователь сопротивления, необходимо проверить: правильно ли подобран тип датчика, соответствие его градуировочных характеристик с характеристиками регистрирующего прибора, а также учесть другие особенности его конструкции, подходящие к месту и условиям работы. После этого термометр сопротивления проверяется на отсутствие видимых повреждений на его защитной арматуре; на отсутствие обрывов и замыканий внутренних проводников; сопротивление изоляции.

Требования к монтажу термометров сопротивления ТСП-Н и комплектов термопреобразователей сопротивления КТСП-Н описаны в руководстве по эксплуатации ТНИВ.405511.002 РЭ основанном на межгосударственном стандарте СНГ - ГОСТ 8.586.5 - 2005 и на международных стандартах EN 1434 – 2007.

Правила установки термопреобразователей на трубопроводе

При установке термометра сопротивления ТСП-Н в защитную гильзу усилия не допускаются.

При монтаже КТСП-Н в прямом потоке трубопровода устанавливается прибор с маркировкой «Г» (горячий), в обратном потоке – термометр сопротивления с маркировкой «Х» (холодный).

ТСП-Н и КТСП-Н монтируются таким образом, чтобы чувствительный элемент прибора, расположенный на конце монтажной части, располагался на оси трубопровода.

При монтаже термометра сопротивления под углом 45° концы монтажной части прибора должны быть направлены навстречу потоку теплоносителя.

Во избежание помех при измерении, необходимо удалить присоединительные провода приборов от электрических кабелей с напряжением 220 В и более на расстояние не менее 0,3 м.

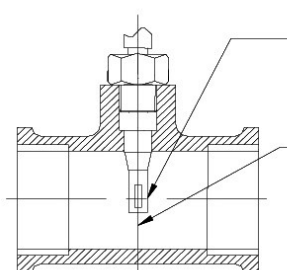
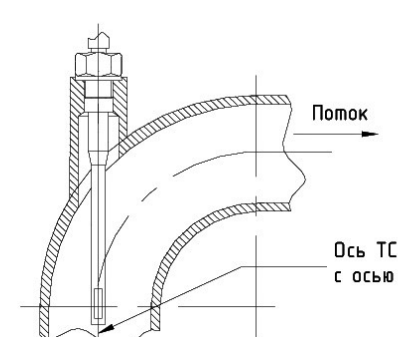
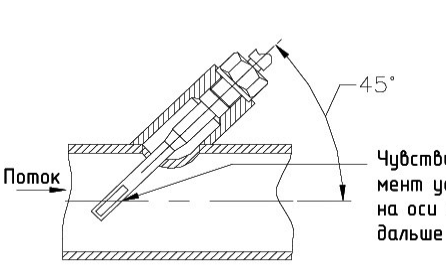
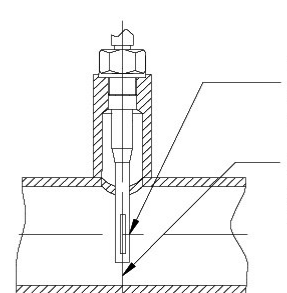
Производить ориентацию корпуса (головки) необходимо в нужном направлении и закрепить штуцер.

При горизонтальной ориентации термопреобразователя сопротивления с клеммной головкой кабельный ввод должен быть обращен вниз.

Предусмотреть сальниковое уплотнение под применяемый кабель.

Подсоединение комплекта термопреобразователей сопротивления производится к измерительному прибору, затем закрепляется кабель в сальниковом вводе.

Установленный термометр должен быть опломбирован.

Тип установки датчика	Размер трубы	Рекомендации по установке
<p>A</p> <p>Установка в резьбовом фитинге</p>	<p>DN 15 DN 20 DN 25</p>	 <p>ТС установлен по оси фитинга</p> <p>Ось ТС перпендикулярна оси фитинга и находится в той же плоскости</p>
<p>B</p> <p>В изгибе</p>	<p>≤ DN 50</p>	 <p>Поток</p> <p>Ось ТС совпадает с осью трубы</p>
<p>C</p> <p>Угловая установка</p>	<p>≤ DN 50</p>	 <p>45°</p> <p>Поток</p> <p>Чувствительный элемент устанавливается на оси трубы или дальше</p>
<p>D</p> <p>Перпендикулярная установка</p>	<p>DN 65 - - DN 250</p>	 <p>Чувствительный элемент устанавливается на оси трубы или дальше</p> <p>Ось ТС перпендикулярна оси трубы и находится в той же плоскости</p>

Практическая работа № 23

Изучение правил монтажа приборов для измерения давления–манометров

Цель работы	изучение правил монтажа манометров.
Нормативные документы	"Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Пб 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97) https://zakonbase.ru/content/part/261181

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа манометров.

Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия. Манометр устанавливается на штуцере сосуда или трубопроводе между сосудом и запорной арматурой.

Манометры должны иметь класс точности не ниже: 2,5 - при рабочем давлении сосуда до 2,5 МПа (25 кгс/кв. см), 1,5 - при рабочем давлении сосуда выше 2,5 МПа (25 кгс/кв. см).

Манометр должен выбираться с такой шкалой, чтобы предел измерения рабочего давления находился во второй трети шкалы.

На шкале манометра владельцем сосуда должна быть нанесена красная черта, указывающая рабочее давление в сосуде. Взамен красной черты разрешается прикреплять к корпусу манометра металлическую пластину, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра.

Манометр должен быть установлен так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу.

Номинальный диаметр корпуса манометров, устанавливаемых на высоте до 2 м от уровня площадки наблюдения за ними, должен быть не менее 100 мм, на высоте от 2 до 3 м - не менее 160 мм.

Установка манометров на высоте более 3 м от уровня площадки не разрешается.

Между манометром и сосудом должен быть установлен трехходовой кран или заменяющее его устройство, позволяющее проводить периодическую проверку манометра с помощью контрольного.

В необходимых случаях манометр в зависимости от условий работы и свойств среды, находящейся в сосуде, должен снабжаться или сифонной трубкой, или масляным буфером, или другими устройствами, предохраняющими его от непосредственного воздействия среды и температуры и обеспечивающими его надежную работу.

На сосудах, работающих под давлением выше 2,5 МПа (25 кгс/кв. см) или при температуре среды выше 250 град. С, а также со взрывоопасной средой или вредными веществами 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007 вместо трехходового крана допускается установка отдельного штуцера с запорным органом для подсоединения второго манометра.

На стационарных сосудах при наличии возможности проверки манометра в установленные настоящими Правилами сроки путем снятия его с сосуда установка трехходового крана или заменяющего его устройства необязательна.

На передвижных сосудах необходимость установки трехходового крана определяется разработчиком проекта сосуда.

Манометры и соединяющие их с сосудом трубопроводы должны быть защищены от замерзания.

Манометр не допускается к применению в случаях, когда:

- ✓ отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведении поверки;
- ✓ просрочен срок поверки;
- ✓ стрелка при его отключении не возвращается к нулевому показанию шкалы на величину, превышающую половину допускаемой погрешности для данного прибора;
- ✓ разбито стекло или имеются повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Поверка манометров с их опломбированием или клеймением должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев владельцем сосуда должна производиться дополнительная проверка рабочих манометров контрольным манометром с записью результатов в журнал контрольных проверок. При отсутствии контрольного манометра допускается дополнительную проверку производить проверенным рабочим манометром, имеющим с проверяемым манометром одинаковую шкалу и класс точности.

Порядок и сроки проверки исправности манометров обслуживающим персоналом в процессе эксплуатации сосудов должны определяться Инструкцией по режиму работы и безопасному обслуживанию сосудов, утвержденной руководством организации - владельца сосуда.

Практическая работа № 24

Составить алгоритм монтажа приборов для измерения давления – электроконтактных манометров

Цель работы	изучение правил монтажа электроконтактных манометров.
Нормативные документы	"Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Пб 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97) https://zakonbase.ru/content/part/261181

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа электроконтактных манометров.

ЭКМ монтируются в положении, удобном для эксплуатации и обслуживания.

При выборе места установки ЭКМ необходимо учитывать следующее: – места установки ЭКМ должны обеспечивать удобные условия для обслуживания и демонтажа; – температура, относительная влажность окружающего воздуха, параметры вибрации не должны превышать значений, указанных в руководстве по эксплуатации; – напряженность магнитных полей, вызванных внешними источниками переменного тока частотой 50 Гц, не должна превышать 400 А/м; – подключение ЭКМ к источнику питания и коммутируемым цепям осуществляется одножильным или многожильным проводом сечением 0,35...0,7 мм² ; – для обеспечения надежной работы ЭКМ в условиях жесткой и крайне жесткой электромагнитной обстановки электрические соединения необходимо вести витыми парами или витыми парами в экране. Экран при этом необходимо заземлить.

Непосредственно перед ЭКМ устанавливается вентильный блок, рассчитанный на соответствующие параметры среды.

При давлении измеряемой среды выше 0,3 МПа и длине импульсной линии более 3 м у места отбора давления должен быть установлен запорный вентиль.

Необходимо прокладывать соединительные линии к приборам так, чтобы исключалось образование газовых пробок (при измерении давления жидкости) или гидравлических мешков (при измерении давления газа).

Перед включением ЭКМ в работу вентильный блок перед прибором необходимо закрыть до заполнения остывшей жидкостью соединительной линии. Подключение к магистральным трубопроводам должно производиться на тех участках, где поток имеет наименьшую скорость, и течение происходит без завихрений, т.е. на достаточном расстоянии от присоединительных элементов и изгибов.

При измерении давления агрессивного газа, давления агрессивной или вязкой жидкости в импульсные линии включают разделительные сосуды.

Импульсные линии не должны иметь резких изгибов и должны прокладываться от магистрального трубопровода к преобразователю давления с уклоном не менее 1:10. Импульсные линии от места отбора давления к ЭКМ должны быть проложены по кратчайшему расстоянию. Длина линии должна быть достаточной для того, чтобы температура среды, поступающей в ЭКМ, не превышала допустимую температуру окружающего воздуха. Рекомендуемая длина – не более 15 м. Импульсные линии должны иметь односторонний уклон (не менее 1:10) от места отбора давления, вверх к ЭКМ, если измеряемая среда – газ и вниз к ЭКМ, если измеряемая среда – жидкость. Для горизонтальных или наклонных трубопроводов отвод импульсной линии в месте врезки в трубопровод должен быть расположен (см. рисунок 3.10): а) горизонтально либо отклонен от горизонтали вниз на угол от 0° до 45° – при измерении давления жидкости; б) горизонтально либо отклонен от горизонтали вверх на угол от 0° до 45° – при измерении давления пара; в) вертикально либо отклонен от вертикали вниз на угол от 0° до 45° – при измерении давления газа.

Подключение импульсной линии к горизонтальному трубопроводу

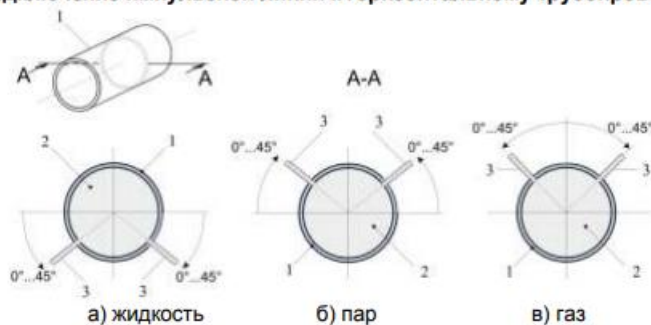


Рисунок 3.10

Обозначения к рисунку 3.10:

- 1 – трубопровод;
- 2 – измеряемая среда;
- 3 – отвод импульсной линии.

Активация Window

Если это невозможно, при измерении давления газа в нижних точках импульсной линии следует устанавливать отстойные сосуды, а при измерении давления жидкости в наивысших точках – газосборники. При измерении давления влажного неагрессивного газа в самой низкой точке импульсной линии устанавливается конденсатосборник. Отстойные сосуды рекомендуется устанавливать перед ЭКМ и в других случаях, особенно при длинных соединительных линиях и при расположении ЭКМ ниже места отбора давления.

Перед присоединением к ЭКМ линии должны быть тщательно продуты для уменьшения возможности загрязнения камер измерительного блока ЭКМ.

Присоединение ЭКМ к импульсной линии осуществляется с помощью комплекта монтажных частей. Для продувки соединительных линий должны предусматриваться специальные устройства.

Для защиты ЭКМ от гидравлических ударов, а также при измерении давления в среде с большим уровнем пульсаций, рекомендуется устанавливать перед ЭКМ демпферное устройство ДУ в соответствии с каталогом НПП «ЭЛЕМЕР».

Заземлить корпус ЭКМ, для чего провод сечением не менее 1 мм² присоединить к контакту корпуса ЭКМ.

После подключения ЭКМ к измеряемой среде должна быть произведена проверка «нуля», при необходимости проведите подстройку, порядок подстройки «нуля».

Электрический монтаж ЭКМ должен производиться в соответствии со схемами электрических подключений.

Практическая работа № 25

Изучение правил монтажа приборов для измерения давления–вакуумметров

Цель работы изучение правил монтажа вакуумметров.

Нормативные документы "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97)
<https://zakonbase.ru/content/part/261181>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа вакуумметров.

Рекомендации по монтажу и установке приборов

Прежде чем приступить к установке, следует убедиться, что прибор соответствует требованиям, предъявляемым ему с точки зрения диапазона измерений и исполнения. Показания рабочего давления должно быть в средней трети диапазона.

Располагать прибор следует таким образом, чтобы было удобно считывать его показания. Закрепить манометр нужно так, чтобы вибрации были минимальными. Если вибрационные нагрузки превышают допустимую норму, для избегания высокой погрешности измерения используйте виброустойчивые приборы.

Проверьте герметичность присоединения

Для обеспечения возможности замены прибора и контроля «нуля», следует между трубопроводом или др. местом замера давления и манометром установить запорное устройство. В качестве такого устройства может служить трехходовой кран.

В зависимости от назначения прибора, он может быть оборудован вентилями или запорными кранами.

Место на трубопроводе или тех. оборудовании, к которому присоединяется прибор для контроля давления, называют отбором или импульсом давления.

Трассу, которая соединяет манометр, и отбор давления называют импульсной линией.

В качестве импульсных линий служат медные, цельнотянутые стальные, или ПВХ трубки. Материал изготовления применяемых трубок зависит от агрессивности измеряемой среды, величины давления, а также пожаро- и взрывоопасности среды.

В зависимости от длины трассы и максимальных пределов рабочего давления измеряемой среды выбирается толщина и диаметр импульсных трубок.

Для измерения давления среды с целью контроля, импульсные линии необходимо прокладывать, строго следуя монтажной схеме автоматизации объекта, на которой указана полная характеристика линии (тип материала, который используется, толщина и сечение стенки). Также на схеме указана длина трассы.

Место присоединения прибора для отбора давления (импульсы давления) должно быть на прямолинейном участке трубопровода и тех. оборудования с учетом поворотов, изгибов, тройников и колен, поскольку на вышеназванных участках, в результате центробежной силы измеряемого потока среды, существует дополнительная погрешность измерения.

Необходимо контролировать воздействие температуры на точность показаний. Для этого манометр устанавливается с учетом влияния конвекции и теплового излучения, с целью не допустить, чтобы температура окружающей и измеряемой среды, была выше или ниже допустимой для эксплуатации измерительного прибора. Для этого манометры и запорные арматуры следует защитить водными тупиковыми трубами или измерительными линиями достаточной длины.

При наличии сред повышенной вязкости, агрессивных, кристаллизующихся, загрязненных, а также горячих сред, необходимо использовать мембранные разделители сред, с целью недопущения попадания их в прибор. Внутреннее пространство манометра и разделителя заполняют специальной рабочей жидкостью, которая передает давление от мембраны разделителя к измерительному прибору. Жидкость выбирают в зависимости от диапазона измерения, совместимости со средой, подвергаемой измерению и с учетом температуры.

При измерении агрессивных сред (кислот, щелочей), чтобы защитить чувствительный элемент прибора от воздействия используют специальные разделительные сосуды. Их заполняют водой, этиловым спиртом, глицерином или легкими минеральными маслами и др.

Следует обеспечить защиту чувствительных элементов от перегрузки.

Если пульсация измеряемой среды превышает допустимую норму или есть вероятность гидравлических ударов, нужно минимизировать их воздействие на чувствительные элементы прибора.

Гашение гидравлических ударов можно обеспечить с помощью установки дросселя (уменьшение поперечного сечения напорного канала), или установив регулируемое дроссельное устройство.

Чтобы минимизировать пульсацию давления измеряемой среды на компенсаторных станциях, тех. оборудовании, трубопроводах, в насосах и пр., в штуцер манометра нужно установить дроссель, который уменьшает диаметр входного отверстия. Это предотвратит выход из строя передаточного механизма приборов.

Если для получения более точных результатов диапазон измерения выбран меньше, по сравнению с величиной кратковременных всплесков давления, нужно защитить чувствительный элемент от повреждений. Это можно сделать, установив специальное устройство защиты от перегрузки. Данное устройство при гидравлическом ударе моментально закрывается. Если давление увеличивается постепенно, закрытие тоже осуществляется постепенно.

Величина закрывания устанавливается в зависимости от характера изменения давления в определенный временной промежуток.

Также в случае повышенной пульсации среды и гидравлических ударов можно применять специальные виброустойчивые манометры, устройство которых предусмотрено для работы с избыточными давлениями.

Крепление манометра

В случае, когда подводка к манометру не обеспечивает стабильности крепления в достаточной мере, нужно на стене или трубе использовать дополнительные крепежные элементы, или предусмотреть для прибора капиллярную проводку.

В случае необходимости гашения вибраций измерительной системы:

Если монтаж не решает проблему минимизации сотрясений и вибраций, необходимо использовать специализированные виброустойчивые манометры с гидрозаполнением.

При установке манометра циферблат должен быть ориентирован вертикально. В случае отклонений обращайте внимание на знак положения на циферблате.

Чтобы закрепить манометр в положение, в котором показания считываются максимально точно, можно использовать накидную гайку или стяжной замок. Не рекомендуется вворачивать и выворачивать прибор за корпус. С этой целью на соединительном штуцере предусмотрены поверхности для гаечного ключа.

В месте соединения манометра с источником давления следует применять для уплотнения прокладки, фибры, шайбы из кожи, свинца или мягкой меди.

Недопустимо использовать для уплотнения пакли и сурика!

В приборах, которые используются для измерения давления кислорода, прокладки должны быть только из свинца и меди.

В приборах, которые используются для измерения давления ацетилена, применять прокладки из меди и медных сплавов, с содержанием меди более 70% – ЗАПРЕЩЕНО!

Если манометр расположен ниже штуцеров для замера давления, нужно непосредственно перед присоединением тщательно промыть измерительную линию, чтобы не допустить попадания в систему твердых включений.

У некоторых приборов предусмотрены закрытые пробкой отверстия, чтобы компенсировать внутреннее давление. Отверстие имеет надписи «закрыто» и «открыто». Обычно рычаг стоит в положении «закрыто». Перед проверкой, после установки и перед началом работы, приборы наполняют воздухом, и соответственно рычаг переводится в положение «открыто».

Во время опрессовки, а также продувки емкостей или трубопроводов нельзя подвергать измерительный прибор нагрузке, при которой показатель превышает ограничительную метку, обозначенную на циферблате. Если это произошло, нужно произвести запираение или демонтаж манометра.

В случае проведения демонтажа необходимо прекратить воздействие давления на измерительный элемент. Или снять напряжение с измерительной линии.

В манометрах, в которых предусмотрена пластинчатая пружина нельзя удалять затяжные винты на верхнем и нижнем фланцах.

В манометрах после демонтажа остатки измеряемых сред могут оказывать отрицательное воздействие на окружающую среду. Нужно принять необходимые меры для безопасности.

Для приборов, в которых предусмотрено наполнение чувствительных элементов водой или водяной смесью, нужно обеспечить защиту от замерзания.

Измерительная линия должна быть изготовлена, или монтироваться так, чтобы нагрузки в результате растяжения, теплового воздействия, а также колебания поглощались.

В случае измерения давления газа нужно предусмотреть в низшей точке возможность для дренажа. Если в качестве измеряемой среды выступает жидкость, нужно предусмотреть в высшей точке возможность для деаэрации.

Если измеряемая среда содержит твердые примеси, для этого используются сепараторы – отрезные приспособления. Во время эксплуатации прибора сепараторы могут отделяться от установки через запорную арматуру, с целью освобождения от примесей.

Практическая работа № 26

Изучение правил монтажа приборов для измерения давления – дифманометров

Цель работы изучение правил монтажа дифманометров.

Нормативные документы "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Пб 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97)
<https://zakonbase.ru/content/part/261181>

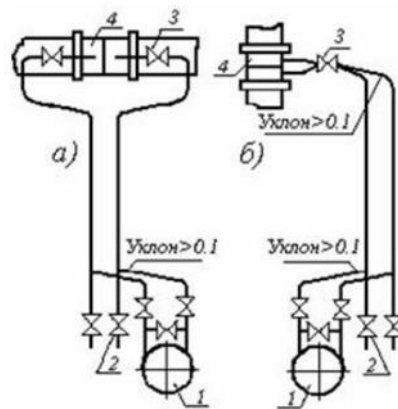
Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа дифманометров.
3. Опишите способы монтажа дифманометров.

1.1. Схемы для измерения расхода жидкостей

А. Дифманометр расположен ниже сужающего устройства

Если выбор места установки дифманометра относительно сужающего устройства не ограничен эксплуатационными требованиями, то при измерении расходов жидкостей следует устанавливать дифманометр НИЖЕ сужающего устройства. При такой установке дифманометра, при наличии соответствующих уклонов трубной проводки, выделяющиеся из жидкости (конденсата) газы беспрепятственно возвращаются в технологический трубопровод, где установлено сужающее устройство.



а) СУ – в горизонтальном трубопроводе; б) СУ – в вертикальном трубопроводе;

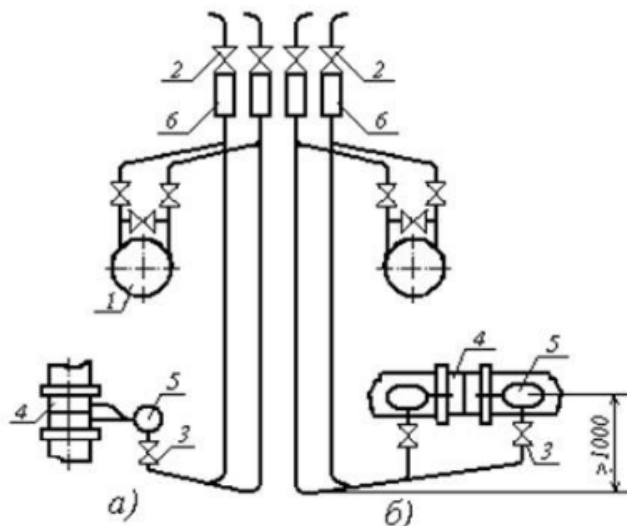
1-дифманометры, 2-продувочные вентили; 3-запорные вентили; 4-сужающие устройства

Схемы для измерения расхода жидкостей

(дифманометры расположены ниже сужающих устройств)

Ак
что
раз

Б. Дифманометр расположен выше сужающего устройства



а) СУ – в вертикальном трубопроводе; б) СУ – в горизонтальном трубопроводе;

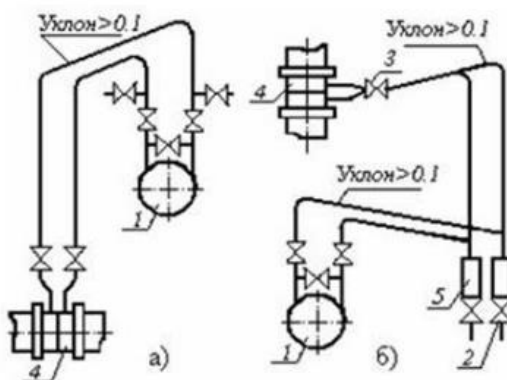
1-дифманометр, 2-продувочный вентиль; 3-запорный вентиль; 4-сужающее устройство; 5-газосборник

Схемы для измерения расхода горячих жидкостей ($t > 120^\circ\text{C}$)

(дифманометры расположены выше сужающих устройств)

1.3. Схемы для измерения расхода газов

При измерении расхода газов рекомендуется дифманометры устанавливать **ВЫШЕ** сужающих устройств. При установке дифманометров **НИЖЕ** СУ необходимо применять влагосборники (в нижних точках импульсных линий).



а) СУ – в горизонтальном трубопроводе, дифманометр установлен выше СУ; б) СУ – в вертикальном трубопроводе, дифманометр установлен ниже СУ;

1 – дифманометры; 2 – продувочные вентили;

3 – запорные вентили; 4 – сужающие устройства; 5 – влагосборники

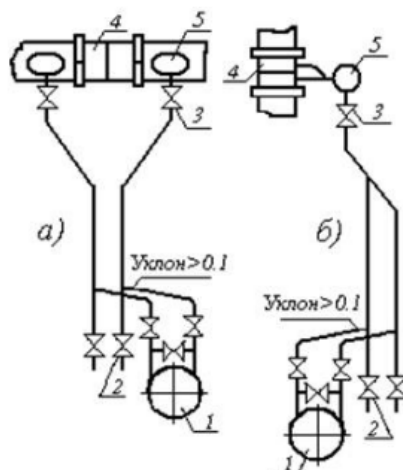
1.4. Схемы для измерения расхода пара

При измерении расхода пара трубные линии дифманометров всегда заполнены конденсатом. В случае неравенства столбов конденсата в импульсных линиях до – и после СУ возникает погрешность показаний измерения расхода.

С целью выравнивания величин гидростатических давлений в импульсных линиях применяются конденсационные сосуды, устанавливаемые около сужающего устройства.

Если выбор мест установки расходомеров не ограничен эксплуатационными требованиями, то при измерении расхода пара дифманометры следует устанавливать НИЖЕ сужающих устройств.

А. Дифманометр расположен ниже сужающего устройства



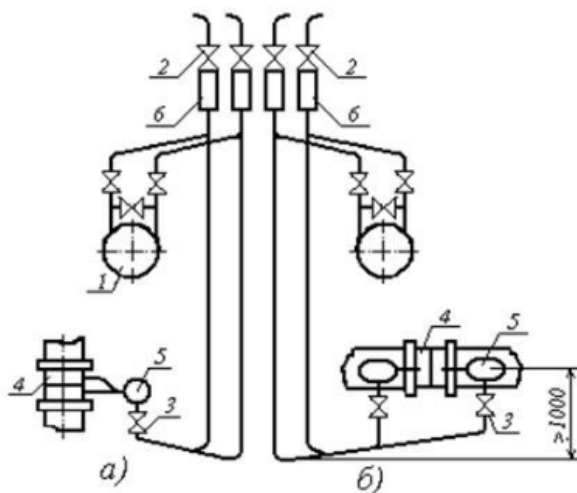
1-дифманометры; 2-продувочные вентили; 3-запорные вентили;

4-сужающие устройства; 5-газосборники

Схемы для измерения расхода пара

(дифманометры расположены ниже сужающих устройств)

Б. Дифманометр расположен выше сужающего устройства



1-дифманометры; 2-продувочные вентили; 3-запорные вентили; 4-сужающие устройства; 5-газосборники

Схемы для измерения расхода пара

(дифманометры расположены выше сужающих устройств)

Спуски ($l \geq 1000$ мм) препятствуют движению конденсата в линиях.

Практическая работа № 27

Составить алгоритм монтажа приборов для измерения расхода – ротаметров

Цель работы изучение правил монтажа ротаметров.

Нормативные "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих

документы

под давлением. Пб 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97)
<https://zakonbase.ru/content/part/261181>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа ротаметров.

Выбор места установки

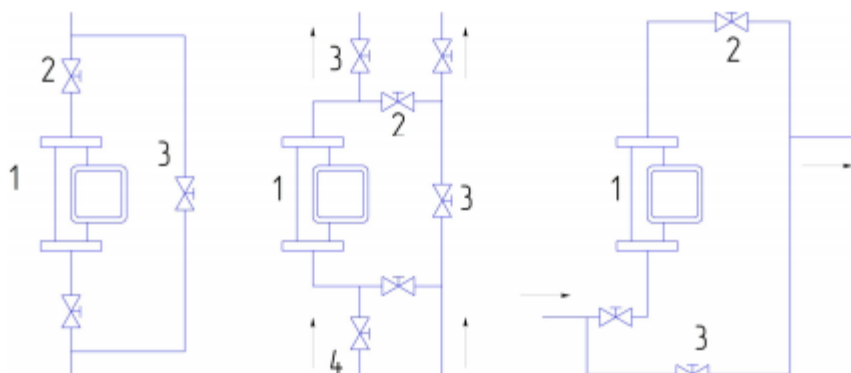
При выборе места установки ротаметров следует руководствоваться правилами:

- ротаметр должен устанавливаться на строго вертикальном или строго горизонтальном участке трубы с направлением потока среды снизу-вверх или слева направо соответственно;
- минимальная длина прямолинейных участков перед ротаметром и после него должна составлять не менее пяти диаметров условного прохода;
- для ротаметров с диаметром условного прохода меньше 32 мм необходимо установить в потоке среды перед прибором магнитный фильтр. Если среда измерения содержит частицы примесей, подверженные магнитному воздействию, то установка магнитного фильтра обязательна и для других ДУ. Размеры и устройство магнитного фильтра приведены в приложении Б.
- в месте установки ротаметра должна отсутствовать сильная вибрация, высокие температуры и сильные магнитные поля. Поэтому не рекомендуется устанавливать прибор в непосредственной близости от трансформаторов, силовых агрегатов и других механизмов, создающих вибрацию или электромагнитные наводки;
- ротаметр не должен устанавливаться в месте напряжения трубопровода и не должен являться опорой трубопровода;
- рекомендуется предусмотреть защиту от попадания влаги на корпус ротаметра либо, если есть возможность, устанавливать ротаметр в месте, где исключено попадание влаги на корпус ротаметра;
- ротаметр следует устанавливать в легкодоступных местах. Вокруг него должно быть обеспечено свободное пространство для удобства монтажа, считывания данных с ротаметра и последующего технического обслуживания.

Схема установки

Схема установки ротаметра должна обеспечить вертикальное или горизонтальное прохождение потока измеряемой среды через ротаметр снизу-вверх или слева направо соответственно.

Для облегчения ремонта и технического обслуживания прибора, а также чистки трубопровода, рекомендуется устанавливать байпасную трубу. Возможные варианты установки указаны на рисунке 2.1.



1 – ротаметр, 2 – регулировочный кран, 3 – байпасная линия, 4 – промывочный кран

Рисунок 2.1 – Схема установки ротаметра

Подготовка к установке ротаметра

Для подготовки трубопровода к установке ротаметра необходимо проделать следующие операции:

- проверить комплектность прибора и его целостность;
- проверить наличие и комплектность монтажных фланцев, крепежных деталей, технологической вставки и их соответствие исполнению ротаметра;
- снять транспортировочный фиксатор со стрелки индикатора прибора, для этого необходимо отвинтить 4 винта, которые фиксируют крышку ротаметра на корпусе, осторожно снять фиксатор и зафиксировать винтами крышку на корпусе ротаметра;
- удалить транспортировочный фиксатор поплавка – выдавить его нажатием на поплавок;
- вырезать участок трубопровода длиной L $L = L_{\text{приб}} + 2 \cdot L_{\text{Ф}} + 2 \cdot s_{\text{П}}$, где $L_{\text{приб}}$ – установочная длина ротаметра выбранного типоразмера (см. приложение А); $s_{\text{П}}$ – толщина прокладки; $L_{\text{Ф}}$ – толщина ответного фланца минус длина посадки на трубопровод (см. рисунок 2.2);

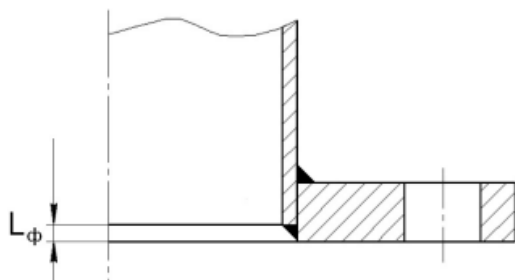


Рисунок 2.2 – Толщина ответного фланца за вычетом длины посадки на трубопровод

- посадить ответные фланцы на трубопровод;
- используя монтажную вставку, выставить и отцентрировать фланцы и произвести их приварку к трубопроводу. Запрещается проводить сварочные работы, используя ротаметр. В результате установочное место должно выглядеть в соответствии с рисунком 2.3, где длина L соответствует сумме длины ротаметра и толщины обеих прокладок;

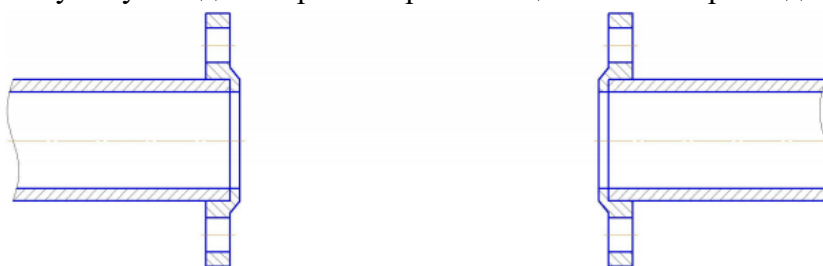


Рисунок 2.3 – Подготовка трубопровода

При использовании байпасной линии, запорных и регулировочных кранов, магнитного фильтра длина участка трубопровода должна предусматривать их установку.

Установка ротаметра

Для установки ротаметра на трубопровод необходимо выполнить следующие операции:

- повернуть ротаметр таким образом, чтобы направление стрелки на его корпусе соответствовало нормальному направлению потока;
- продеть по два болта через отверстия ответных фланцев на трубопроводе и фланцы счетчика, закрутить гайки, не затягивая их;
- установить между одной парой фланцев прокладку. Рекомендуется избегать выступаний прокладки во внутреннюю полость трубопровода;
- продеть остальные болты через отверстия этой пары фланцев, закрутить гайки. Гайки не следует затягивать;
- установить между второй парой фланцев прокладку, при этом так же необходимо убедиться в том, что прокладка не выступает во внутреннюю полость трубопровода;
- продеть остальные болты через отверстия этой пары фланцев, закрутить гайки, не затягивая их;
- затянуть все гайки, соблюдая последовательность согласно рисунку 2.4.

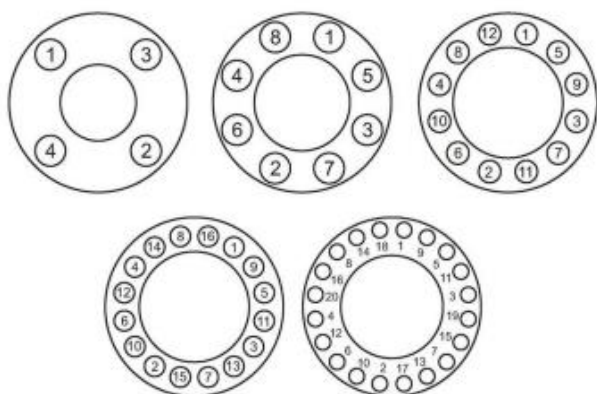


Рисунок 2.4 – Последовательность затяжки винтов

Практическая работа № 28

Составить алгоритм монтажа приборов для измерения расхода – электромагнитных индукционных расходомеров

Цель работы изучение правил монтажа электромагнитных индукционных расходомеров.

Нормативные документы "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Пб 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97)
<https://zakonbase.ru/content/part/261181>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа электромагнитных индукционных расходомеров.

Счетчики-расходомеры обычно предназначены для установки в отапливаемых помещениях или специальных павильонах с положительной температурой окружающей среды Т_{ос} (воздуха) обычно от 0 до +50С и относительной влажностью не более 80%. К приборам должен быть обеспечен свободный доступ для осмотра в любое время года. Место установки должно гарантировать эксплуатацию прибора без возможных механических повреждений.

Установка водосчётчиков в затопляемых, в холодных помещениях при температуре менее 5С, и в помещениях с влажностью более 80% не рекомендуется (за исключением специальных исполнений: для отрицательных температур или «затопляемого» исполнения для преобразователей расхода с кодом пыли-водозащиты IP68).

Точность измерения электромагнитными расходомерами во многом зависит от правильности их монтажа. Расходомеры дают неправильные показания при налипании на электроды частиц, содержащихся в жидкости, и попадании посторонних предметов в измерительную трубку. Чтобы уменьшить вероятность засорения трубки и загрязнения электродов при измерении расхода вязких и многофазных жидкостей, расходомеры устанавливают на вертикальном участке трубопроводов. На трубопроводе должны быть предусмотрены штуцера для промывки внутренней полости трубки без демонтажа расходомера.

Если расходомер устанавливают на горизонтальном участке трубопровода, измерительные электроды располагают в горизонтальной плоскости, чтобы исключить разрыв электрической цепи при прохождении по трубопроводу пузырьков воздуха.

При прекращении подачи жидкости по трубопроводу преобразователи должны быть в залитом состоянии, поэтому расходомеры рекомендуется устанавливать на так называемых «утках» трубопроводов.

При монтаже электромагнитного счетчика-расходомера должны быть соблюдены следующие обязательные условия:

а) Преобразователь расхода (далее Прибор) рекомендуется монтируется только на горизонтальном участке трубопровода.

б) Установка осуществляется таким образом, чтобы прибор всегда был заполнен водой (монтаж в напорный трубопровод);

в) Требования к прямолинейным участкам для электромагнитного счетчика-расходомера:



При установке прибора после отводов, запорной арматуры, переходников, фильтров и других устройств, создающих искажение потока, непосредственно перед водосчетчиком необходимо предусмотреть прямой участок трубопроводов для спрямления потока длиной от 2 до 5Ду (в зависимости от вида, предшествующего ему гидросопротивления — см. рисунок (конфузор, задвижка, отвод, фильтр, грязевик, клапан, насос и т.п.)), а за прибором — не менее 2Ду (где Ду — условный диаметр трубопровода). Необходимо учесть, что при нарушении условий монтажа появляется дополнительная погрешность измерений.

г) На случай ремонта или замены расходомера-счетчика воды перед прямым участком до прибора и после прямого участка трубопровода после прибора устанавливается запорная арматура (краны, вентили, задвижки, клапаны), а также дренажи/спускники для опорожнения отключаемого участка, которые монтируются вне зоны прямых участков.

д) Перед прибором, но после запорной арматуры вне зоны прямолинейного участка трубопровода; а также после счетчика при установке его на обратном трубопроводе ГВС или

ТС(теплоснабжения), до запорной арматуры рекомендуется устанавливать фильтры воды (прямые или косые сетчатые фильтры грубой очистки).

е) Не допускается установка электромагнитного расходомера на расстоянии менее 2-х метров от устройств, создающих вокруг себя мощное электромагнитное поле (например, силовых трансформаторов и кабелей), а также размещение прибора в зоне действия постоянных магнитов или попадание трубопровода под напряжение.

Практическая работа № 29

Составить алгоритм монтажа приборов для измерения расхода - расходомеров переменного перепада давления

Цель работы изучение правил монтажа расходомеров переменного перепада давления.

Нормативные документы "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97)

<https://zakonbase.ru/content/part/261181>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа расходомеров переменного перепада давления.

Монтаж диафрагм к расходомерам переменного перепада давления производят двумя способами — бескамерным и камерным (рис. 1 а, б). В первом случае дисковую диафрагму 4 закрепляют между фланцами 3, приваренными к трубопроводу 1; дифманометр подключают к коллектору 2. Во втором — диск 8 монтируется между двумя полукameraми 7 и 8; камеру зажимают фланцами 6, которые стягиваются болтами (фланцы приваривают к патрубкам трубопровода 5).

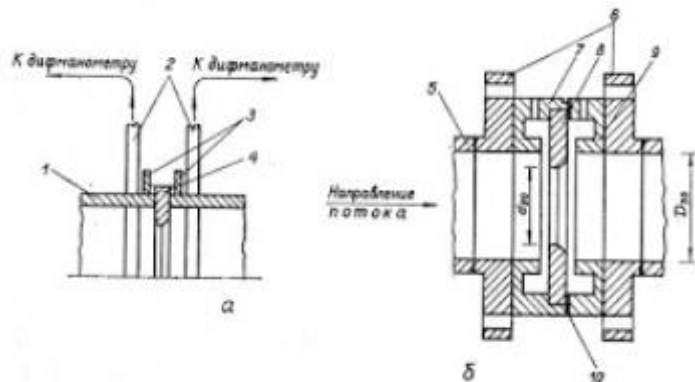


Рис. 1. Установка диафрагм: бескамерной дисковой (а) и камерной (б):

1,5 — трубопровод. 2 — коллектор, 3, 6 — фланцы, 4, 8 — дисковая диафрагма;

7 — корпус полукamеры «+», 9 — корпус полукamеры «—», 10 — прокладка из паронита $S=0,6+/-0,1$ мм

Схема соединения диафрагмы с импульсными трубками для горизонтального трубопровода, удаленного от стены, дана на рис. 2, а, около стены — на рис. 2,б; для вертикального трубопровода — на рис. 3.



Рис. 2. Схема соединения диафрагм с импульсными трубками для горизонтального трубопровода (а — удаленного от стены, б — около стены)

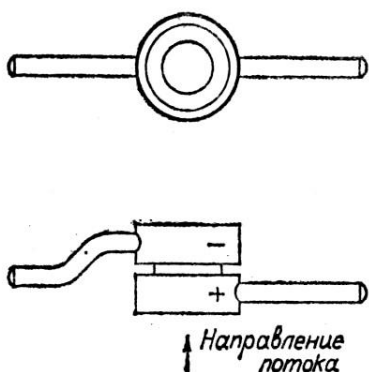


Рис. 3. Схема соединения диафрагмы с импульсными трубками для вертикального трубопровода

Соединение диафрагм с уравнительными конденсационными сосудами изображено на рис. 4.

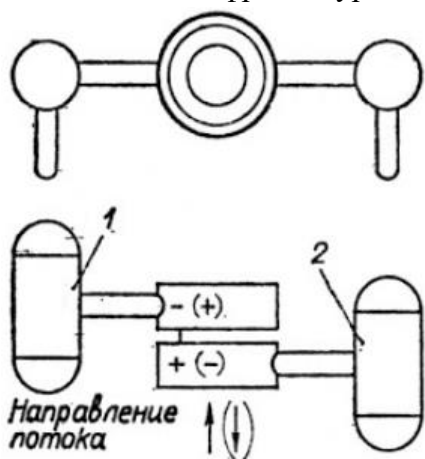


Рис. 4. Схема соединения диафрагмы с уравнительными конденсационными сосудами (1, 2)

На рис. 5 показана схема соединительных линий для измерения расхода жидкости, а на рис. 6 — для измерения расхода газа.

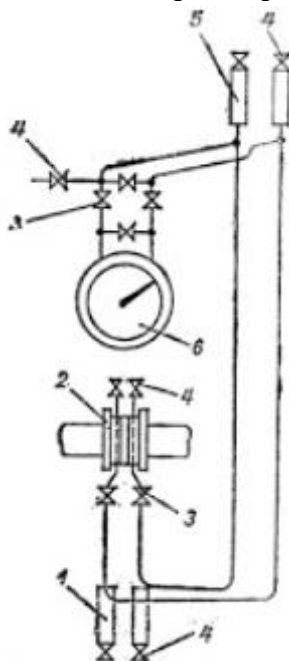


Рис. 5. Схема соединительных линий для измерения расхода жидкости: 1 — отстойный сосуд, 2 — сужающее устройство, 3 — запорные вентили, 4 — продувочные вентили, 5 — газосборник, 6 — дифманометр

Осуществляя монтаж дифманометров, нужно иметь в виду следующее:

- ✓ расстояние от места отбора давления до дифманометра не должно превышать 50 м;
- ✓ перед присоединением дифманометра соединительные линии надо продуть сжатым воздухом;
- ✓ трубки должны быть приварены к ниппелям.

В процессе измерения расхода поплавковыми, колокольными и сильфонными дифманометрами необходимо учитывать, что давление, температура и влажность среды могут отличаться от принятых при расчете сужающего устройства, в комплекте с которым применяется дифманометр, поэтому возникает дополнительная погрешность. Ее следует вводить как поправку к числовому значению расхода, указанному на вторичном приборе.

Практическая работа № 30

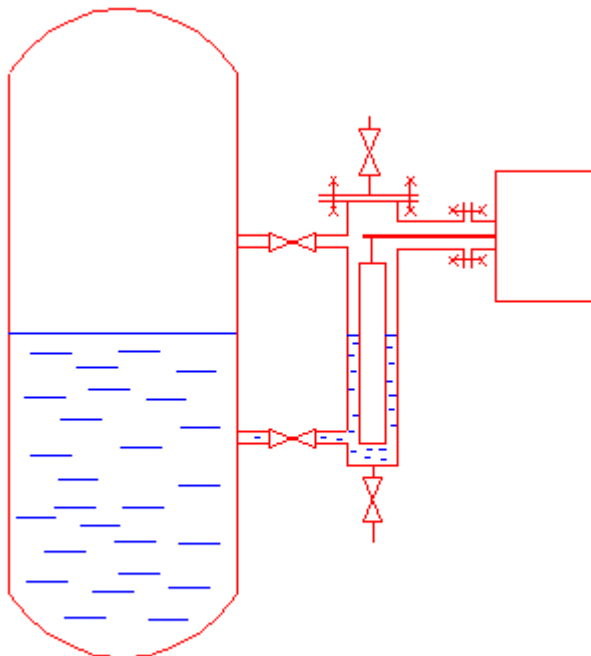
Составить алгоритм монтажа приборов для измерения и регулирования уровня- буйковых уровнемеров

Цель работы изучение правил монтажа буйковых уровнемеров.

Нормативные документы "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97)
<https://zakonbase.ru/content/part/261181>

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа буйковых уровнемеров.



*Монтаж буйкового уровнемера
в выносной камере*

Применяются буйковые преобразователи уровня с пневматическим выходным сигналом и с электрическим выходным сигналом. Эти приборы могут устанавливаться непосредственно на аппарате или их крепят к выносным измерительным камерам, установленным около аппарата, в точках измерения уровня. Непосредственно на аппарате устанавливаются уровнемеры, если аппарат работает без давления и контролируется уровень нейтральной и не токсичной жидкости. Допускается подобная установка на аппаратах работающих под давлением и заполненных любой жидкостью, если аппарат работает периодически, и приборы не задействованы в схемах регулирования.

Выносные камеры изготавливают из трубы диаметром 100÷250 мм, материал выносной камеры должен быть таким, как и материал аппарата, толщину стенки выбирают в зависимости от рабочего давления. Выносные камеры поставляются с аппаратом (если $P_{\text{раб}} > 6,4$ МПа), или изготавливают на заводе, эксплуатирующем

этот аппарат. Верхняя крышка должна быть съёмной. В верхней и нижней части колонки устанавливают запорные вентили для сброса давления и слива жидкости при выполнении работ с прибором. Выносные камеры соединяются с аппаратом при помощи патрубков, длина которых не должна превышать 400 мм, а внутренний диаметр патрубков – от 20 до 50 мм. Выносные камеры подключают к аппаратам через запорные вентили. Они могут быть установлены не обязательно по высоте изменения уровня в аппарате, а на отдельном участке аппарата, где необходимо измерять и регулировать уровень.

Практическая работа № 31

Составить алгоритм монтажа приборов для измерения и регулирования уровня-пьезометрических и емкостных уровнемеров

Цель работы	изучение правил монтажа пьезометрических и емкостных уровнемеров.
Нормативные документы	"Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97) https://zakonbase.ru/content/part/261181

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа пьезометрических и емкостных уровнемеров.

Принцип действия емкостных уровнемеров основан на зависимости электрической емкости чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя от уровня жидкости.

Конструктивно емкостные чувствительные элементы выполняют в виде коаксиально расположенных цилиндрических электродов или параллельно расположенных плоских электродов.

Первые получили большее распространение.

Для неэлектропроводных жидкостей, применяют уровнемер, схема которого показана на рис. 4.8, а). В этом уровнемере ЧЭ состоит из двух коаксиально расположенных электродов 1 и 2, частично погруженных в жидкость. Электроды образуют цилиндрический конденсатор, межэлектродное пространство которого до высоты h заполнено жидкостью, а пространство $H - h$ – парогазовой смесью.

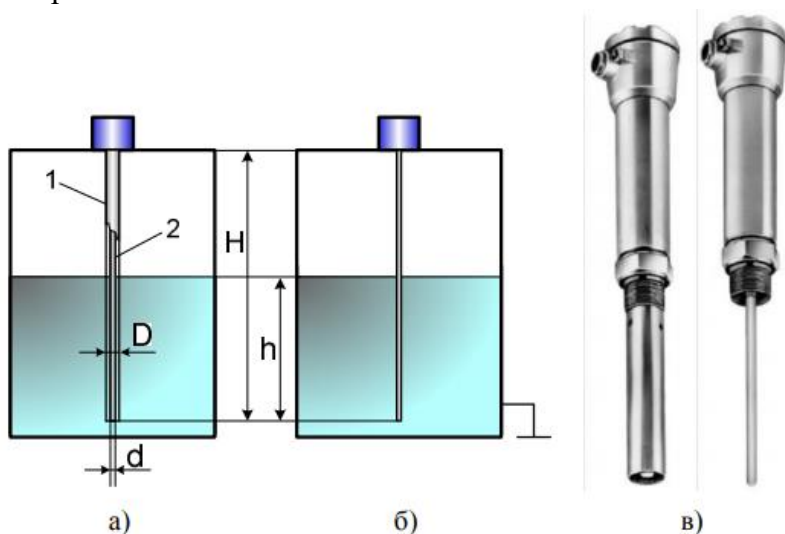


Рис. 4.8 – Емкостные уровнемеры: а, б – схемы измерения уровня, в – внешний вид

В общем виде электрическая емкость цилиндрического конденсатора определяется уравнением

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 H}{\ln \frac{D}{d}},$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего межэлектродное пространство; ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума; H – высота электродов; D, d – диаметры соответственно наружного и внутреннего электродов.

Для цилиндрического конденсатора, межэлектродное пространство которого заполняется веществами, обладающими различными диэлектрическими проницаемостями, полная емкость $C_{\text{п}}$ определяется выражением: $C_{\text{п}} = C_0 + C_1 + C_2$,

где C_0 – емкость проходного изолятора; C_1 – емкость межэлектродного пространства, заполненного жидкостью; C_2 – емкость межэлектродного пространства, заполненного парогазовой смесью.

Для измерения уровня электропроводных жидкостей применяют уровнемер, схема которого показана на рис. 4.8, б). Здесь ЧЭ представляет собой металлический электрод, частично погруженный в жидкость. В качестве второго электрода используется либо стенка резервуара, если она металлическая, либо специальный металлический электрод, если стенка резервуара выполнена из диэлектрика.

На рисунке 4.8, в) показан внешний вид емкостных уровнемеров.

Преобразование электрической емкости в сигнал измерительной информации осуществляется неуровновешенным мостом переменного тока, в одно из плеч которого включается емкость первичного преобразователя.

Разработаны емкостные уровнемеры сыпучих сред. Верхний предел измерений емкостных уровнемеров жидких и сыпучих сред обычно составляет 25 м.

Практическая работа № 32

Составить алгоритм монтажа приборов для измерения и регулирования уровня-гидростатических уровнемеров

Цель работы	изучение правил монтажа гидростатических уровнемеров.
Нормативные документы	"Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Пб 10-115-96" (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.04.95 № 20) (ред. от 02.09.97) https://zakonbase.ru/content/part/261181

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа гидростатических уровнемеров.

Существует три основных типа гидростатических уровнемеров - погружные, врезные и фланцевые выделяемые по типу присоединения к процессу. Так же, так как этот фактор обуславливает специальные требования к материалам из которых изготовлен прибор, имеет смысл выделять гидростатические уровнемеры по типу измеряемых сред: неагрессивная к нержавеющей стали, агрессивная к нержавеющей стали пульпообразная, густая и абразивная среды.

При выборе метода измерения уровня, следует учитывать, что корректные измерения гидростатическими датчиками возможны только в средах с постоянной плотностью, так как гидростатическое давление зависит от плотности жидкости и величины уровня. При необходимости решения задачи измерения уровня в средах с меняющейся плотностью, возможна установка двух датчиков уровня. Один прибор устанавливается в емкость для отбора пробы. В

емкости обеспечивается постоянный уровень и уровнемер измеряет плотность, а данные со второго (собственно уровнемера) пересчитываются в контроллере с учетом текущей плотности среды, с которого уже скорректированный сигнал поступает в верхний уровень.

Гидростатические датчики уровня - датчики избыточного давления, которым необходима связь сенсора с атмосферой. У датчиков избыточного давления измеряемая среда ($P_{ср}$) и атмосферное давление ($P_{атм\ бак}$) действуют с одной стороны чувствительного элемента и только атмосферное давление ($P_{атм}$) - с другой. Для открытых ёмкостей, $P_{атм} = P_{атм\ бак}$. Таким образом, атмосферное давление в баке компенсируется атмосферным давлением вне его и датчик измеряет только давление среды.

Для измерения уровня в полностью закрытых емкостях, где создаётся избыточное давление ($P_{изб.}$) между крышкой емкости и жидкостью, наиболее оптимальным будет применение гидростатических датчиков дифференциального давления. В этом случае, с помощью специального капилляра необходимо связывать датчик дифференциального давления с областью избыточного давления емкости.

Для подачи атмосферного давления в корпус погружного датчика уровня применяется специальный кабель, который помимо сигнальных линий несет еще и полую трубку, защищенную на обратном конце воздухопроницаемым, но водонепроницаемым фильтром. Корпус погружного датчика воздухопроницаем и должен быть водонепроницаем (степень пылевлагозащиты IP 68).

Длина кабеля должна быть больше максимального уровня жидкости в емкости. Так как в гидростатических датчиках уровня используется специальный кабель, то цена кабеля в цене датчика может быть очень существенна. При некоторых условиях можно уменьшить конечную стоимость прибора уменьшив длину кабеля. Для этого надо знать минимальный и максимальный уровень жидкости в емкости. Как только специальный кабель выведен в атмосферу, сигнал можно передавать далее и обычным кабелем. Технически, переход со специального кабеля в обычный реализуется с помощью клеммной коробки. В случае, когда в емкости всегда есть какой-то минимальный уровень, ниже которого измеряемая среда не опускается, прибор можно установить на фиксированной высоте и уровень учитывать, как показания уровнемера плюс высота столба жидкости под ним.

При монтаже гидростатических уровнемеров, чтобы избежать влияния повышенного давления при закачивании жидкости, так как струя насоса может создавать область повышенного давления, датчики надо устанавливать на максимальном удалении от источника турбулентности. С помощью гидростатического датчика уровня жидкости можно измерять объём. Для цилиндрических и параллелепипедообразных емкостей используют формулу $V = S \cdot h$, где V - объём, S - площадь основания, h - высота. Для емкостей в форме усеченного конуса $V = \pi(h_2^3 - h_1^3) / 3tg2\alpha$. Для ёмкостей сложных конфигураций емкость необходимо "разделить" на части и рассчитывать по формулам для параллелепипеда, цилиндра и конуса. Для горизонтально расположенных цилиндрических емкостей рекомендуется использовать BD Sensors RUS DMD 331-A-S, который позволяет калибровать выходной сигнал по табличным значениям, то есть достаточно точно учитывать кривизну емкости.

Практическая работа № 33

Изучение правил монтажа средств измерения состава и качества веществ- проточных ГЖХ

Цель работы	изучение правил монтажа проточных ГЖХ.
Нормативные документы	ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа проточных ГЖХ.

Требования к рабочему месту для хроматографа

Эксплуатация хроматографа осуществляется в закрытых лабораторных и других помещениях, в которых горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости могут быть в количествах, недостаточных для создания взрывопожароопасной смеси.

Помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, средствами пожаротушения, индивидуальными средствами защиты по условиям обеспечения безопасности работ, проводимых в лаборатории.

При наличии в составе комплекса масс-спектрометрического детектора (МСД) температура окружающей среды должна быть от 15 до 31 °С.

Содержание примесей в воздухе помещения регламентируется ГОСТ 12.1.005.

Работа хроматографа в рекомендуемых условиях обеспечит его оптимальную работу и увеличит срок эксплуатации.

Требования ГОСТ 12.1.005 распространяется на воздух рабочей зоны предприятий народного хозяйства. Стандарт устанавливает общие санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата и допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

В стандарте приведены предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны при воздействии на организм человека, которые распространяются на рабочие места независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.).

Но при работе хроматографа следует иметь в виду, что его чувствительность может оказаться выше указанной предельно допустимой концентрации вещества. Поэтому условия размещения хроматографа, наличие в воздухе лаборатории веществ, мешающих проведению измерений, зависят от методики проведения измерений.

В каждом конкретном случае подходы к устранению влияния окружающей среды на реализацию методики выполнения измерений хроматографическим методом могут быть различными, и их следует рассматривать индивидуально.

В ряде случаев при нормальной эксплуатации хроматографа из каналов сброса пробы, выхлопа детекторов могут выходить токсичные или вредные вещества – компоненты анализируемой пробы или продукты, образующиеся в результате ее сгорания.

В таких случаях рекомендуется установка хроматографа под вытяжной зонд или в лабораторный вытяжной шкаф, при условии, что в нем не производятся другие виды работ и не хранятся химически активные вещества и растворители.

При охлаждении термостата колонок через выходные воздухопроводы термостата выходят потоки горячего воздуха. Поэтому расстояние между задней стенкой хроматографа и стенкой помещения должно быть не менее 200 мм; при расстоянии менее 500 мм покрытие стены помещения должно быть пожаробезопасным. На пути прямых потоков горячего воздуха не допускается размещать горючие и легкоплавкие предметы (электрические кабели, вспомогательное оборудование и др.).

Требования к размещению хроматографа

Хроматограф размещается на лабораторном столе в порядке удобном для эксплуатации. При выборе лабораторного стола необходимо учитывать вес размещаемого на нем оборудования. Рекомендуемое схематическое расположение газового хроматографа с термодесорбером и ПК на рабочем столе показано на рисунке ниже.

Пространство над хроматографом должно быть свободным, не оборудовано полками или нависающими конструкциями, которые ограничивают доступ к верхней части хроматографа. Некоторые устройства ввода размещаются непосредственно на хроматографе; в этом случае необходимо предусмотреть дополнительное пространство.

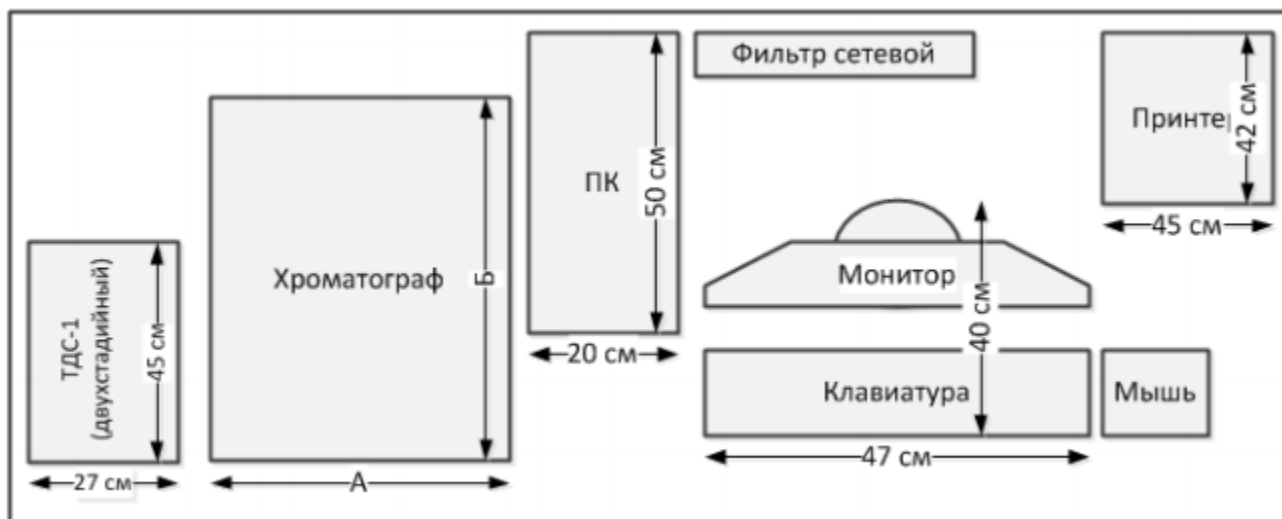
Требования к месту установки хроматографа с МСД приведены в разделе 3 инструкции «Детектор масс–спектрометрический. Инструкция по монтажу, пуску и проверке 214.2.840.068ИМ».

Для размещения одного комплекса рекомендуется глубина рабочего стола не менее 80 см, ширина не менее 180 см.

Расстояние между задней стенкой хроматографа, задней стенкой МСД (при его наличии) и стенкой помещения должно быть не менее 200 мм.

Компрессор, во избежание влияния его вибраций на работу хроматографа, рекомендуется размещать вне рабочего стола.

При использовании монитора с электронно-лучевой трубкой (CRT-монитор) расстояние от корпуса хроматографа, до корпуса монитора должно быть не менее 50 см. Для мониторов с жидкокристаллическим дисплеем ограничений по размещению нет.



Практическая работа № 34

Изучение правил монтажа средств измерения состава и качества веществ - газоанализаторов

Цель работы изучение правил монтажа газоанализаторов.

Нормативные документы Требования к установке сигнализаторов и газоанализаторов (ТУ-газ-86)

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа газоанализаторов.

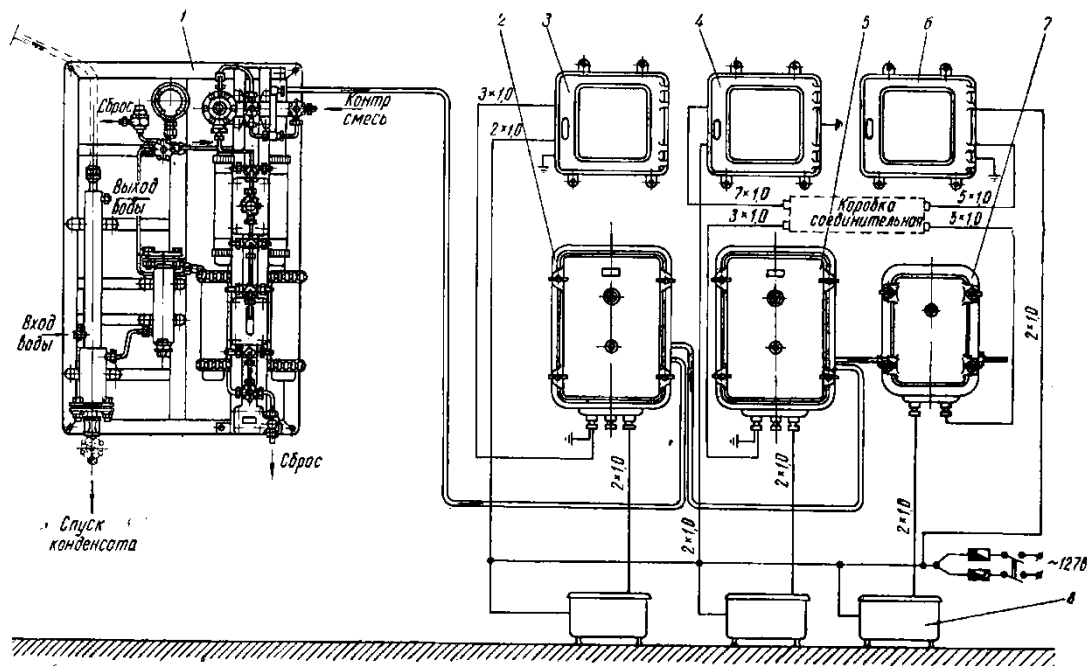


Рис. 4. Монтажная схема газоанализатора ОА0304

1 — шкаф вспомогательных устройств; 2 — приемник анализатора на окись углерода; 3 — самопишущий прибор анализатора на окись углерода; 4 — самопишущий прибор анализатора на двуокись углерода; 5 — приемник анализатора на двуокись углерода; 6 — самопишущий прибор анализатора на водород; 7 — приемник анализатора на водород; 8 — стабилизатор напряжения

ратурой воздуха от 10 до 35°C и относительной влажностью до 80%. В воздухе помещения не должно быть агрессивных веществ, разъедающих металлы и электрическую изоляцию.

Газоанализатор должен быть защищен от воздействия местных перегревов, потоков холодного воздуха, электромагнитных полей и механических вибраций.

На рис. 4 показана схема монтажа газоанализатора.

Приемник и самопишущие приборы газоанализатора устанавливаются на вертикальном щитостенде или на кронштейнах. Расстояние от блоков до стены должно быть не менее 150 мм. Самопишущие приборы могут быть отнесены от приемников на расстояние, удобное для наблюдения за показаниями при пастройке прибора. Щит вспомогательных устройств может быть отнесен от точки отбора на расстояние до 30 м. Расстояние между щитом вспомогательных устройств и приемниками не должно превышать 1 м.

При монтаже газовой линии должен быть предусмотрен уклон участка газопровода от точки отбора до холодильника не менее 10° в сторону холодильника. Отводные штуцера редуктора давления и блока регулировки и фильтрации подсоединяются к общей линии сброса. К переходной муфте сборника конденсата холодильника должен

быть подсоединен запорный вентиль или кран для периодического слива конденсата.

На месте установки газоанализатора должна быть предусмотрена возможность непрерывной подачи азота в корпуса приемников на окись углерода и двуокись углерода. Этим устраняется влияние на показания анализаторов измеряемых компонентов, содержащихся в окружающем воздухе, и предотвращается возможность образования взрывоопасных концентраций газов внутри приемников. Расход азота должен быть установлен в пределах 1—2 л/мин.

По окончании монтажа газовая схема газоанализатора должна быть проверена на герметичность.

Электрический монтаж внешних соединений производится по схеме рис. 5 проводом сечением не менее 1 мм² с сопротивлением изоляции не менее 10 Мом. Для предохранения соединительных проводов от механических повреждений, а также для защиты от электрических помех провода следует прокладывать в металлических, тщательно заземленных шлангах или трубах.

При эксплуатации газоанализатора необходимо периодически, в сроки, предусмотренные инструкцией, проверять показания анализаторов по контрольным газовым смесям и менять наполнители фильтров системы вспомогательных устройств.

Практическая работа № 35

Изучение правил монтажа регулирующих устройств

Цель работы изучение правил монтажа регулирующих устройств.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте алгоритм монтажа регулирующих устройств.

Монтаж регулирующих клапанов

После удаления транспортных заглушек проверяют соответствие типа и размер регулирующего клапана данным проекта, его подготовленность к монтажу — подвижность штока, комплектность, наличие дополнительных блоков, которыми должен быть оснащен регулирующий клапан. Наиболее часто регулирующие клапаны устанавливают на трубопроводе узлом управления вверх, но многие конструкции допускают установку в любом рабочем положении.

Направление подачи рабочей среды должно строго соответствовать стрелке на корпусе или указаниям в технической документации, так как в противном случае могут значительно изменяться гидравлическая пропускная характеристика и пропускная способность клапанов. В случае неправильной подачи среды к регуляторам они могут потерять работоспособность. Перед монтажом с магистральных фланцев снимают транспортные заглушки и уплотнительные поверхности фланцев очищают от консервационной смазки. Внутренние полости регулирующего клапана продувают сжатым воздухом.

Регулирующую арматуру, как правило, монтируют на участках трубопроводов с установившемся режимом, т.е. не рекомендуется устанавливать ее непосредственно перед или за запорной арматурой, отводами, тройниками, распределителями, насосами, а также непосредственно перед местом потребления. В качестве запорной арматуры регулиющую использовать не рекомендуется, за исключением запорно-регулирующих клапанов. В случае необходимости герметичного отсечения системы со стороны входа следует устанавливать запорную арматуру. Если условный проход трубопровода не совпадает с условным проходом арматуры, то регулирующая арматура должна соединяться с трубопроводами коническими переходниками с максимально допустимым углом конусности, но не более 30° .

Длина прямых участков до регулирующей арматуры и после нее должна составлять не менее 5 Ду на входе и (10 ...15) Ду на выходе из клапана. Чем меньшую долю составляет гидравлическое сопротивление трубопроводов от гидравлического сопротивления клапана, тем большая точность поддержания регулируемого параметра достигается клапаном. Клапаны должны устанавливаться на местах, доступных для осмотра, технического ухода и регулировки. По окончании основных монтажных работ полностью собранный регулирующий клапан должен быть приведен в рабочее состояние и проверен на легкость и плавность хода штока.

Практическая работа № 36

Расчет элементов регулирующих устройств

Цель работы	изучение правил расчета элементов регулирующих устройств.
Нормативные документы	ГОСТ 16443-70 «Устройства регулирующие. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики»

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Произведите расчет элементов регулирующего клапана, используя представленные данные.
 - ✓ регулируемая среда – вода;
 - ✓ максимальный расход воды $Q_{\max}=0,035 \text{ м}^3/\text{с}$;
 - ✓ минимальный расход воды $Q_{\min}=0,02 \text{ м}^3/\text{с}$;
 - ✓ абсолютное давление воды в начале участка $P_n=2 \text{ МПа}$;
 - ✓ абсолютное давление воды в конце участка $P_k=0,4 \text{ МПа}$;
 - ✓ температура воды $T_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - ✓ плотность воды при P_n и T_1 $\rho=998,95 \text{ кг/м}^3$;

- ✓ кинематическая вязкость воды при P_n и T_1 $\eta=0,0115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- ✓ внутренний диаметр трубопровода $D=0,3 \text{ м}$;
- ✓ длина расчетного участка трубопровода $L=15 \text{ м}$.

Местные сопротивления:

- ✓ поворот под углом 90° , коэффициент сопротивления поворота $\chi_{90}=0,06$;
- ✓ запорная задвижка, коэффициент сопротивления $\chi_{\text{зав}}=0,08$;
- ✓ разность высот расположения цехового начала и конца участка $H=2,5 \text{ м}$.

Выбор нужного регулирующего органа производится в процессе выполнения расчета, т.е. из ряда серийно изготавливаемых регулирующих органов выбирается конкретный типоразмер, имеющий необходимый диаметр условного (присоединительного) прохода, нужную пропускную способность и пропускную характеристику. Пригодность принимаемого регулирующего органа по другим характеристикам (рабочему давлению и температуре, материалу деталей, соприкасающихся с протекающей средой и т.п.) должна выявляться по каталогам и другим действующим информационным материалам и правилам.

В системах автоматизации технологических процессов, как правило, применяются серийно изготавливаемые регулирующие органы. Выбор конкретного типоразмера регулирующего органа производится по каталогам и другим материалам в процессе выполнения расчета, выявляющего пригодность выбираемого органа в тех или иных конкретных условиях эксплуатации. При этом должны учитываться как свойства и рабочие параметры протекавшей через регулирующий орган среды, так и другие условия, и требования, являющиеся следствием общих требований, предъявляемых к системе автоматизации и к объекту управления в целом.

В отличие от трубопроводной арматуры серийные регулирующие органы характеризуются следующими дополнительными показателями:

- условной пропускной способностью K_{vy} ;
- пропускной характеристикой, которая может быть линейной или равнопроцентной.

Таким образом в результате расчета производится выбор конкретного типоразмера регулирующего органа, характеризуемого величиной K_{vy} , пропускной характеристикой и другими показателями (условным давлением, условным диаметром и т.д.), предусмотренными стандартами на регулирующие органы. Так как условная пропускная способность однозначно определяет расход через регулирующий орган только в квадратичной области турбулентного режима движения жидкости через регулирующий орган, установленный в трубопроводе, имеющим внутренний диаметр, равный условному проходу регулирующего органа, то в случаях работы регулирующих органов в других условиях возникает необходимость в дополнительных характеристиках. К числу таких характеристик относятся:

FL - коэффициент восстановления давления жидкости за регулирующим органом;

FP - поправка на влияние переходных патрубков, через которые регулирующий орган встраивается в трубопровод;

хт - относительный критический перепад давления воздуха для регулирующего органа.

Применение характеристик FL, FP и хт повышает достоверность определения необходимой пропускной способности регулирующего органа Kv в тех случаях, когда он работает не в квадратичной области турбулентного движения среды и установлен через переходные конические патрубки.

В тех случаях, когда в каталогах и других информационных материалах не указаны величины этих характеристик, их ориентировочные значения можно принимать по приложениям данного материала.

Заметим, что повышение достоверности расчета вследствие учета поправок FL, FP и др. будет иметь место только в том случае, когда исходные данные для расчета (расход, перепад давления и др.) достаточно точно определяют фактические условия работы регулирующего органа.

Расчёт регулирующего органа

Расчет регулирующего органа выполняется на примере клапана, установленного на линии подачи охлаждающей воды в теплообменник (поз.7). Суть расчета регулирующего клапана сводится к определению его конструктивных размеров и пропускной характеристики.

Исходные данные:

- ✓ регулируемая среда – вода;
- ✓ максимальный расход воды $Q_{\max}=0,028 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ✓ минимальный расход воды $Q_{\min}=0,01 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ✓ абсолютное давление воды в начале участка $P_n=1 \text{ МПа}$;
- ✓ абсолютное давление воды в конце участка $P_k=0,5 \text{ МПа}$;
- ✓ температура воды $T_1=15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- ✓ плотность воды при P_n и T_1 $\rho=998,95 \text{ кг/м}^3$;
- ✓ кинематическая вязкость воды при P_n и T_1 $\nu=0,0115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- ✓ внутренний диаметр трубопровода $D=0,15 \text{ м}$;
- ✓ длина расчетного участка трубопровода $L=10 \text{ м}$.

Местные сопротивления:

- ✓ поворот под углом 90° , коэффициент сопротивления поворота $\chi_{90}=0,06$;
- ✓ запорная задвижка, коэффициент сопротивления $\chi_{\text{зав}}=0,08$;
- ✓ разность высот расположения цехового начала и конца участка $H=1,5 \text{ м}$.

Расчет:

а) скорость движения регулируемой среды в трубопроводе при максимальном расходе

$$V_{\max} = \frac{4 Q_{\max}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,028}{3,14 \cdot 0,15^2} = 1,584 \text{ м/с}$$

б) коэффициент трения

Выбор формулы для определения λ зависит от числа Рейнольдса

$$Re = \frac{V_{\max} \cdot D}{\nu} = \frac{1,584 \cdot 0,15}{0,0115 \cdot 10^{-4}} = 2,067 \cdot 10^5$$

Для $10^5 < Re < 10^8$

$$\lambda = 0,032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} = 0,032 + \frac{0,221}{(2,067 \cdot 10^5)^{0,237}} = 0,044$$

в) потери давления на трение в трубопроводе при максимальном расходе

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_{\max}^2}{2} \cdot \rho = 0,044 \cdot \frac{10}{0,15} \cdot \frac{1,584^2}{2} \cdot 998,95 = 3691 \text{ Па}$$

г) потери давления на местных сопротивлениях при максимальном расходе

$$\Delta P_{mc} = (4\xi_{90} + \xi_{зав}) \cdot \frac{V_{max}^2}{2} \cdot \rho = (4 \cdot 0,06 + 0,08) \cdot \frac{1,584^2}{2} \cdot 998,95 = 401 \text{ Па}$$

д) потери давления в расчетном участке трубопровода при максимальном расходе

$$\Delta P_{T,max} = \Delta P_{тр} + \Delta P_{мс} + H \cdot \rho \cdot 9,8 = 3691 + 401 + 1,5 \cdot 998,95 \cdot 9,81 = 18790 \text{ Па}$$

е) перепад давления в регулируемом клапане при максимальном расходе

$$\Delta P_{min} = P_{н} - P_{к} - \Delta P_{T,max} = 1 - 0,5 - 0,01879 = 0,4812 \text{ МПа}$$

ж) максимальная пропускная способность регулирующего клапана с учетом коэффициента запаса

$$\eta = 1,2$$

$$K_{V,max} = \eta \cdot 36 \cdot 10^3 \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{max}}} = 1,2 \cdot 36 \cdot 10^3 \cdot 0,028 \cdot \sqrt{\frac{998,95}{0,4812 \cdot 10^6}} = 55,112$$

з) пропускная способность трубопровода при максимальном расходе

$$K_{V,T} = 36 \cdot 10^3 \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{T,max}}} = 36 \cdot 10^3 \cdot 0,028 \cdot \sqrt{\frac{998,95}{18790}} = 232,418$$

и) проверочный расчет на пропускную способность клапана в диапазоне от Q_{min} до Q_{max}:

1) степень открытия клапана при максимальной нагрузке

$$\mu_{max} = \frac{K_{V,max}}{K_{V,y}} \cdot 100 = \frac{45,927}{63} \cdot 100 = 72,9\%$$

2) степень открытия клапана при минимальной нагрузке

$$\mu_{min} = \frac{K_{V,min}}{K_{V,y}} \cdot 100 = \frac{16,402}{63} \cdot 100 = 26,036\%$$

, где $K_{V,min}$ и $K_{V,max}$ пропускные способности клапана при минимальном и максимальном расходе

$$K_{V,min} = 36 \cdot 10^3 \cdot Q_{min} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{max}}} = 36 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot \sqrt{\frac{998,95}{0,5 \cdot 10^6}} = 16,4$$

$$K_{V,max} = 36 \cdot 10^3 \cdot Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P_{max}}} = 36 \cdot 10^3 \cdot 0,028 \cdot \sqrt{\frac{998,95}{0,5 \cdot 10^6}} = 45,92$$

$$\Delta P_{max} = P_{н} - P_{к} = 1 - 0,5 = 0,5 \text{ МПа}$$

Так как $\mu_{max} < 90\%$, а $\mu_{min} > 10\%$, принятый размер клапана можно считать приемлемым.

к) выбор пропускной характеристики регулирующего клапана

$$n = \frac{K_{V,y}}{K_{V,T}} = \frac{63}{232,418} = 0,271$$

Так как $n < 1,2$ выбирается клапан с линейной пропускной характеристикой РК 201 (НО) с $K_{V,Y} = 63 \text{ м}^3/\text{ч}$, ДУ=150 мм.

Практическая работа № 37

Изучение правил монтажа исполнительных устройств

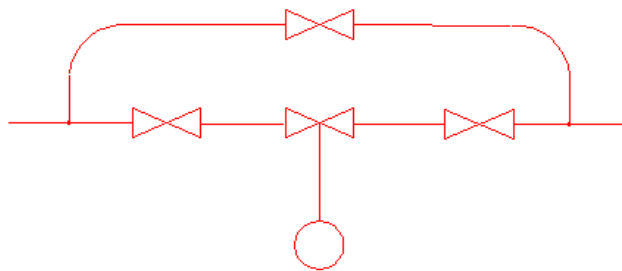
Цель работы изучение правил монтажа регулирующих устройств.

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.

2. Составьте алгоритм монтажа регулирующих устройств.

Исполнительные устройства устанавливают рабочие, монтирующие технологические трубопроводы. Монтажники систем автоматизации должны принимать работу по установке исполнительных устройств и проверять соответствие её техническим требованиям на монтаж.



Исполнительные устройства устанавливают на прямолинейных участках трубопровода, длина которых до и после исполнительного устройства должна быть равна не менее чем 10 диаметров его условного прохода. Обычно клапаны устанавливают с байпасом, причём до и после клапана, и на байпасе должны быть установлены вентили, чтобы клапан можно было снять при его ремонте или ревизии.

Трубопровод, на котором монтируется клапан, необходимо тщательно очистить от механических частиц, окалины после газовой резки и электросварки.

Для обслуживания исполнительных устройств во время эксплуатации, место их установки необходимо оборудовать площадками.

Порядок монтажа исполнительного механизма

Одной из ошибок, допускаемой при установке этих устройств, является отсутствие свободного доступа к БСП (блок сигнализации положения) и ручному приводу управления механизмов. Обязательно должен быть доступ к этим частям устройства, потому как они довольно часто требуют обслуживания. Каждый исполнительный механизм, который не обслуживается своевременно, как не сложно догадаться не будет служить должное количество рабочих часов.

Последовательный список действий при монтаже каждого исполнительного механизма типа МЭОФ.

В первую очередь устанавливаются монтажные части (детали), а именно ограничитель механический и фланец с упорами. Эти позиции за частую, входят в комплект при поставке исполнительного устройства.

Используя ручное управление (привод) выставить выходной вал МЭО так, чтобы ограничитель механический установился на упор в положение «закрыто».

Следующим этапом нужно установить механизм на трубопроводную арматуру. При проведении этой операции, необходимо выполнить одно условие. Регулирующий орган арматуры и выходной вал устройства должны быть оба в положении «закрыто».

После установки механизма на арматуру, стоит его закрепить специальным крепежным элементом.

Важно. Механические ограничители, отвечающие за перемещение выходного вала, при монтаже исполнительных механизмов с полным ходом выходного вала 0,63 – не устанавливаются вообще.

Последовательный список действий при монтаже каждого исполнительного механизма типа МЭО.

Установить исполнительный механизм МЭО на соответствующее место или промежуточную конструкцию, после чего произвести стягивание при помощи специализированного крепления.

Следующим этапом – снимаем упоры.

Используя ручное регулирование положение выходного вала, выставить регулирующий орган в положение закрыто.

Далее устанавливаем упор.

Для реализации соединения регулирующего органа и рычага – использовать тягу. После выполнения действий соединения нужно отрегулировать длину тяги при помощи специальной регулировки.

После обеспечения соединения между собой рычага и регулирующего органа, выставить положение выходного вала в положение «открыто» используя при этом дополнительное ручное управление исполнительным механизмом.

Установить второй упор. После его установки повернуть регулирующий орган МЭО обратно в положение «закрыто».

Следующим этапом, после выполнения механических настроек, нужно перейти к подключению электрической части.

Практическая работа № 38

Составление алгоритма установки и монтажа приборов на щитах

Цель работы	освоить приемы монтажа щитов, приборов и средств автоматизации, вводов в шкафы. Овладеть приемами прозвонки электрических цепей.
Оборудование	распределительный щит, гильзы, сальники, отрезки труб и кабелей, манометрический термометр, термopара, терморезистор, соединительные провода, бобышки, источник тока, индикатор (вольтметр, лампа накаливания, электрический звонок).

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составление алгоритма установки и монтажа приборов на щитах.
3. Ответьте на вопросы:
 - a. Каковы основные отличительные операции монтажа панельных и шкафных распределительных щитов?
 - b. Как выполняют вводы в щиты?
 - c. Как выполняют заземления шкафов?
 - d. В чем заключается стендовая проверка приборов и средств автоматизации?
 - e. Как монтируют датчики температуры?
 - f. Для чего нужны бобышки?
 - g. Как проверяют правильность монтажа?
 - h. Как выполняют прозвонку электрических цепей?

Последовательность выполнения задания

1. Ознакомиться с типом и конструкцией распределительного щита.
2. Изучить способы крепления щитов к основанию.
3. Изучить способы ввода проводок в распределительные щиты.
4. Выполнить монтаж заземляющих проводников.

5. Выполнить монтаж датчиков температуры.
6. Выполнить монтаж электроизмерительного прибора.
7. Выполнить прозвонку отрезка кабельной линии.
8. Оформить отчет.

В современных условиях индустриального монтажа щиты и пульты поставляют на строящийся объект в законченном для установки виде: на них смонтирована аппаратура, выполнены электрические проводки, подготовленные к включению внешних цепей, а также предусмотрены конструкции для установки и крепления особо чувствительных приборов и подводимых к щитам и пультам кабелей и труб. Вместе с щитами и пультами поставляют крепежные изделия для сборки и установки щитов и пультов.

При производстве монтажных работ полносборным индустриальным методом такие щиты поступают на объект собранными на заводах или в заготовительных мастерских в блоках из 2...3 панелей с установленными приборами.

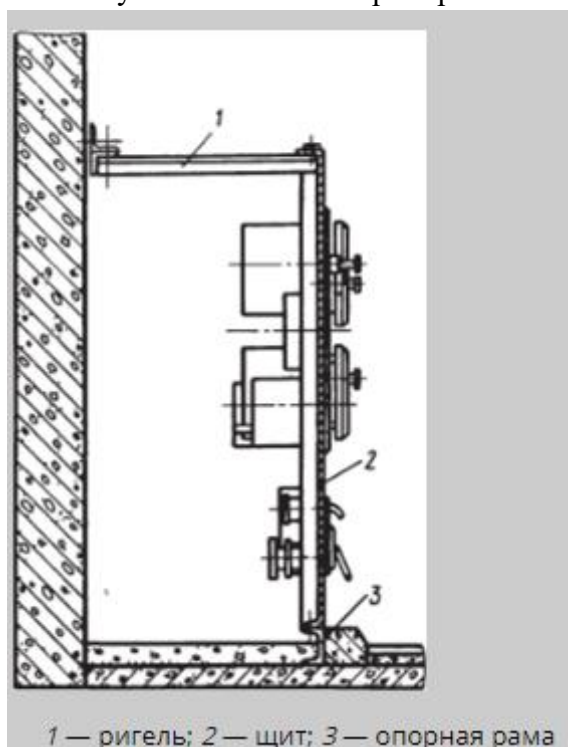


Рисунок 1. Крепление панельного щита к стене

До начала монтажа щитовое помещение, операторная или центральный диспетчерский пункт, в которых устанавливают щиты и пульта, должны быть полностью отстроены и приняты под монтаж по акту согласно требованиям СНиП. В этих помещениях должны быть установлены все закладные детали и опорные конструкции под щиты, заделываемые в пол, выполнены все каналы в полу, а также необходимые проемы в стенах для выхода трубных и электрических проводок наружу.

При приемке щитового помещения особое внимание обращают на правильность установки опорных конструкций под щиты и закладных деталей, так как при неточной установке опорных конструкций собранный в блоки щит не будет стыковаться с этими конструкциями.

Во избежание повреждения самих щитов и пультов или поломки, установленных на них приборов и аппаратуры, прибывшие к месту монтажа в упакованном виде щиты и пульта

распаковывают лишь после доставки их в щитовые помещения непосредственно перед установкой.

Панельные и шкафные щиты, а также приставные или отдельно стоящие пульты в зависимости от места расположения могут быть установлены на бетонном основании, на двойном полу, металлическом покрытии, решетке металлического перекрытия, над каналом на бетонном основании и т. п. Основания, на которых монтируют щиты и пульты, должны предохранять контрольно-измерительные приборы от вибраций или сотрясений. Поэтому в местах, подвергающихся в процессе эксплуатации вибрации, щиты и пульты устанавливают на амортизаторах. Конструкцию последних детально описывают в проектах.

Порядок монтажа панелей в многопанельных щитах может быть различным: от одного конца щита к другому или от середины щита к концам. Устанавливают все панели строго по отвесу и уровню, чтобы в одном ряду они образовывали единую плоскость, скрепляют их между собой так, чтобы зазоры в стыках не превышали 2 мм. Все крепления щитов к конструкциям, фундаментам и между собой для удобства эксплуатации должны быть разъемными.

Щиты панельного типа 2 (рис. 1) для увеличения жесткости конструкции помимо установки на опорную раму 3 или фундамент крепят также в верхней части с помощью специальных ригелей 1. Последние крепят к стенке дюбелями или сквозными шпильками с гайками, а к щитам — болтовыми соединениями.

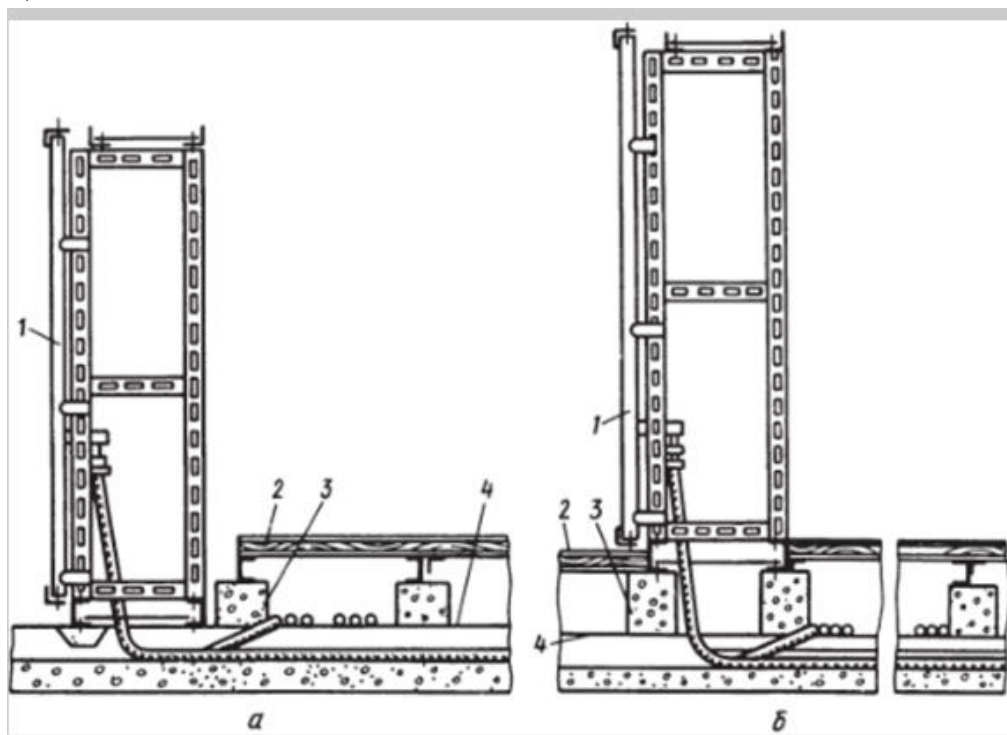


Рисунок 2. Установка панельных щитов на двойном полу: а — ниже отметки пола; б — на отметке пола; 1 — панельный щит с каркасом; 2 — деревянный настил двойного пола, 3 — бетонные опоры, 4 — отметка черного пола

На рисунке 2 показаны два варианта установки панельных щитов с каркасом из перфорированного профиля на двойном полу — ниже отметки пола (рис. 2, а) и на уровне отметки пола (рис. 2, б).

При установке щитов ниже отметки двойного пола (см. рис. 2, а) задняя обслуживаемая часть щита заглублена на 250...300 мм. Однако это не вызывает неудобства для эксплуатационного персонала, так как для доступа к электрическим зажимам, местам крепления кабелей и другим устройствам, расположенным в нижней части щитов, отсутствуют препятствия. Дополнительный подъем пола перед фасадом щитов при данном варианте не требуется. Для прохода кабелей под раму щита, а также для прокладки взаимно пересекающихся кабелей в разных плоскостях на отметке черного пола 4 предусмотрены каналы глубиной 50...70 и шириной 300...500 мм. Каналы выполняют в слое бетона, укладываемого на черный пол по всей площади защитного пространства. Устройство каналов совмещают с установкой в слое бетона закладных деталей для крепления поддерживающих конструкций (рам и направляющих).

При установке щитов на отметке двойного пола (см. рис. 2, б) щит оказывается приподнятым над отметкой черного пола, что приводит к необходимости подъема пола по всей площади помещения и к удорожанию строительства. Вместе с тем обслуживание щитов и общий вид помещения, в котором устанавливают щиты, улучшаются. Проход кабелей под раму щита осуществляют также из каналов, как и в предыдущем варианте.

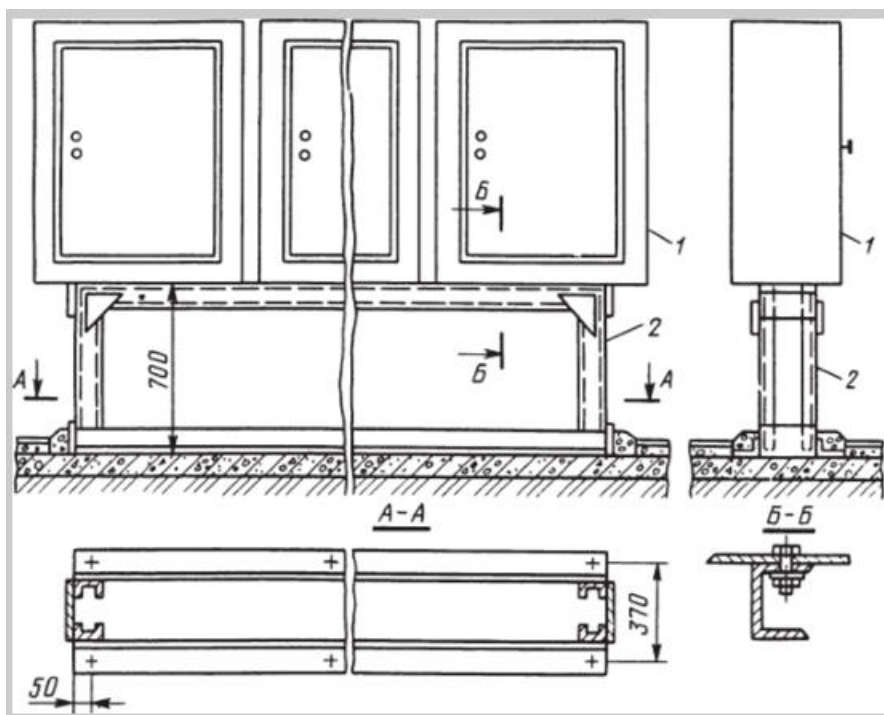


Рисунок 3. Грунтовая установка шкафных щитов на раме из швеллеров: 1 — щит; 2 — рама

Шкафные щиты в принципе устанавливают так же, как и панельные. Их монтируют на самостоятельных фундаментах в виде рамы из швеллеров (рис. 3) или непосредственно на полу производственного помещения. В том и другом случае щит закрепляют анкерными болтами, предварительно выверив его в горизонтальном и вертикальном положениях. Щиты, состоящие из нескольких шкафов, скрепляют между собой разъемными соединениями.

Малогабаритные панельные или шкафные щиты обычно устанавливают у колонн, стен и других строительных конструкций, используя кронштейны, стойки или подставки. Малогабаритные щиты должны быть расположены на такой высоте, чтобы горизонтальные оси показывающих приборов и сигнальной аппаратуры находились от пола на уровне 800...2100 мм, самопишущих приборов — 1000...1600, вспомогательной аппаратуры (переключателей, ключей управления, кнопок) — 700... 1600 мм.

Электрические проводки, как правило, вводят в щиты и пульты снизу. В виде исключения допускается вводить их сбоку или сверху. Медные трубные проводки вводят в щиты сверху. Пневмокабели и пластмассовые трубы вводят в щиты преимущественно сверху, но в отдельных технически обоснованных случаях допускается -ввод снизу — из кабельных каналов.

По способу выполнения вводы в щиты делят на открытые и уплотненные. Открытые вводы применяют в нормальной среде. Они могут быть выполнены через защитные гильзы, в защитных трубах и посредством переборочных соединений. Защитные гильзы используют при вводе в щиты электрических и пневматических кабелей, стальных бесшовных, медных, алюминиевых и пластмассовых трубных проводок без защитных оболочек, а также капилляров манометрических термометров. При этом кабели и капилляры манометрических термометров вводят через сальники. Пластмассовые трубы и электропроводки в защитных трубах вводят в щиты без гильз. Переборочные соединения применяют при вводе трубных проводок (за исключением защитных) через стенки щитов.

Уплотненными выполняют вводы трубных и электрических проводок в герметизированные щиты, в щитовые помещения из помещений взрыво- и пожароопасных, пыльных, сырых, особо сырых и с химически активной средой. Для уплотненных вводов используют защитные гильзы, которые герметично монтируют в бетонных перекрытиях, а к металлическим перекрытиям их приваривают.

Уплотненные вводы через стенки щитов делают так же, как и открытые, но с герметизацией переборочных соединений и сальников. Для уплотнения ввода защитных труб на расстоянии 0,5... 1 м перед вводом электропроводок в щиты, пульты и щитовые помещения устанавливают уплотнительные электрофитинги или тройники, которые после затягивания электропроводок в защитные трубопроводы заливают разогретой кабельной массой. Электрофитинги устанавливают таким образом, чтобы заливная горловина электрофитинга находилась в верхнем положении.

Трубы, кабели и провода, вводимые в щиты и пульты, закрепляют вблизи места их ввода или у присоединительных устройств. Трубы, подходящие к щитам, с трубами, проложенными внутри щитов, соединяют разъемными (резьбовыми) соединениями.

Подводимые к щитам кабели и провода подключают к сборкам зажимов. Компенсационные провода подключают непосредственно к приборам с компенсационными устройствами, минуя сборки зажимов. Монтируют концевые заделки кабелей и проводов, а также оконцовывают их внутри щитов и пультов в соответствии с известными правилами. При этом необходимо предусматривать соответствующий запас по длине жил кабелей и проводов для возможного повторного подключения в случае обрыва жилы кабеля или провода у контактного винта.

Поток пневмокабелей и пучков пластмассовых труб, подводимых к щитам сверху, прокладывают вдоль щитов в закрытых металлических коробах или открытых лотках. На лотках из угловой стали или перфорированной полосы пневмокабели крепят монтажными скобами. При этом расстояние между точками крепления не должно превышать 0,5 м. В случаях, если рабочая температура превышает 30° С, пневмокабели прокладывают без крепления к коробам или лоткам.

Спуски пневмокабелей или пластмассовых труб из короба или лотка к отдельным панелям щита выполняют через отверстия в коробе или лотке. При вводе пневмокабеля и пластмассовых труб в щиты шкафного типа сверху применяют защитные гильзы.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках все щиты и пульты, к которым подведен переменный ток с номинальным

напряжением более 36 В или постоянный ток напряжением 110 В, заземляют. Во взрывоопасных помещениях заземляют все щиты и пульты независимо от подведенного к ним напряжения. Заземляющий медный или алюминиевый провод присоединяют к заземляющей скобе щитов и пультов болтом или винтом. Скобу и заземляющий провод тщательно зачищают до металлического блеска и смазывают бескислотным вазелином.

В многопанельных щитах все панели должны иметь между собой надежный электрический контакт. Для этого, если панели щита собраны на общей подщитовой раме из швеллера, соединяют каждую панель с рамой перемычкой из полосовой стали с размерами поперечного сечения не менее 15х3 мм. Перемычки приваривают к узлу заземления панели и ребру швеллера или присоединяют к болту узла заземления панели. При отсутствии на панелях скоб заземления перемычки приваривают к нижнему борту панели.

В качестве дополнительных заземляющих проводников используют металлоконструкции зданий (колонны, фермы), металлоконструкции производственного назначения (шахты лифтов, подкрановые пути), стальные защитные трубы электропроводок, металлические трубопроводы, а также свинцовые и алюминиевые оболочки кабелей.

Заземляющий провод присоединяют к металлоконструкциям, трубопроводам и другим заземляющим проводникам только электросваркой.

При монтаже щитов и пультов необходимо соблюдать правила охраны труда. Перемещать и устанавливать щиты и пульты без принятия мер, предупреждающих их опрокидывание, не допускается.

Во избежание опрокидывания, собранные блоки щитов до их постоянного закрепления на полу или у стен временно скрепляют между собой и ближайшей стеной.

В целях предупреждения травмирования рук запрещается проверять пальцами совпадение отверстий в сочленяемых панелях щитов.

В местах возможного передвижения рабочих должны быть предусмотрены проходы достаточной ширины. Рабочие места не следует загромождать излишками материалов, ненужным инструментом и приспособлениями. Каналы в местах прохода, а также отверстия в междуэтажных перекрытиях необходимо сплошь закрывать прочным дощатым настилом или ограждать перилами высотой не менее 1 м.

При использовании пространства под щитом для подвода и раскладки труб и кабелей, вводимых в щит, на нижнюю внутреннюю раму щитов должен быть уложен прочный настил (пол).

Для безопасной эксплуатации все открытые части щитов, к которым подведено напряжение более 12 В, защищают глухими сетчатыми или дырчатыми ограждениями. Ограждения должны быть такой конструкции, чтобы исключалась возможность их снятия без применения специально предназначенного для этой цели инструмента.

При монтаже приборов и средств автоматизации следует учитывать следующее. В монтаж принимают приборы и средства автоматизации, прошедшие стендовую проверку и снабженные протоколами проверки по действующей форме. Перед приемом в стендовую проверку устанавливают:

- ✓ отсутствие видимых механических повреждений; соответствие технических характеристик проектным спецификациям;
- ✓ соответствие комплектности аппаратуры спецификации проекта и комплектовочным ведомостям;

- ✓ наличие непросроченных клейм органов Госстандарта; наличие неповрежденных гарантийных клейм заводов-изготовителей;
- ✓ наличие полного комплекта заводской технической документации.

Приборы и средства автоматизации, не удовлетворяющие хотя бы одному из перечисленных требований, в стендовую проверку не принимают.

Стендовая проверка представляет собой комплекс проверок отдельных характеристик и элементов приборов и средств автоматизации, необходимых для обнаружения возможных неисправностей, вызванных условиями хранения и транспортировки приборов и средств автоматизации.

При стендовой проверке проверяют: целостность электрических и трубных цепей; сопротивление изоляции; основную приведенную погрешность; срабатывание регулирующей части и переключателей; работу механизма передвижения диаграммной бумаги и качество записи.

Стендовую проверку проводят специализированные организации, выполняющие работы по наладке приборов и средств автоматизации, методами, принятыми в этих организациях с учетом требований инструкций Госстандарта и заводских монтажно-эксплуатационных инструкций на приборы и средства автоматизации.

Входящие в комплект приборов и средств автоматизации специальные инструменты, принятые от заказчика, возвращают ему полностью при сдаче работ.

Принимаемые проверенные приборы и средства автоматизации должны быть подготовлены для доставки к месту монтажа; подвижные системы арретированы; присоединительные устройства защищены от попадания в них влаги, грязи и пыли.

Приборы и средства автоматизации могут быть установлены только после письменного разрешения заказчика, гарантирующего их сохранность.

Приборы и средства автоматизации должны размещаться по проекту. Их монтаж должен обеспечить точность измерений, предусмотренных паспортами, свободный доступ к приборам и их запорным и настроечным устройствам (кранам, вентилям, переключателям, рукояткам настройки и т. п.).

В местах установки приборов и средств автоматизации, малодоступных для монтажа и эксплуатационного обслуживания, должно быть до начала монтажа закончено сооружение лестниц, колодцев и площадок в соответствии с рабочими чертежами строительной части проекта.

Приборы и средства автоматизации монтируют при температуре окружающего воздуха и относительной влажности, оговоренных в монтажно-эксплуатационных инструкциях заводов-изготовителей.

Приборы и средства автоматизации на несущих конструкциях (стенах, щитах, металлоконструкциях, фундаментах ит. п.) должны закрепляться стандартными крепежными изделиями без сорванных резьб, шлицев и граней с затяжкой резьбовых соединений до отказа.

При наличии вибраций в местах установки приборов резьбовые соединения должны иметь приспособления, исключающие самопроизвольное их отвинчивание (пружинные шайбы, контргайки, шплинты и т. п.).

Крепление приборов и средств автоматизации на технологическом оборудовании и трубопроводах не должно нарушать герметичность трубопроводов и аппаратов, на которых их устанавливают. Материалы прокладок и набивок, необходимые при установке приборов и

средств автоматизации, должны быть предусмотрены проектом в соответствии с условиями работы приборов и средств автоматизации.

В сельскохозяйственном производстве наиболее часто приходится монтировать приборы для измерения температуры. При этом необходимо выполнять следующие требования. Чувствительные элементы жидкостных термометров, термосигнализаторов, термобаллонов манометрических термометров, термопар и термометров сопротивления должны располагаться в центре потока измеряемой среды.

Капилляры манометрических термометров по всей длине прокладки защищают от механических повреждений. Конструкция защитного устройства должна обеспечивать легкий доступ к капилляру для осмотра или извлечения его для ремонта.

Термопары, термометры сопротивления и термобаллоны манометрических термометров можно устанавливать в местах, недоступных для постоянного наблюдения, но следует обязательно учитывать при установке приборов возможность их периодического осмотра, проверки и ремонта.

Не допускается устанавливать термодатчики в местах*, подверженных сильной вибрации, воздействию агрессивных паров, газов, а также в местах с повышенной влажностью.

Все виды термометров и термопар устанавливают на трубопроводах и аппаратах при помощи устройства, называемого бобышкой. Существует большое разнообразие бобышек, предназначенных для разных типов термометров, термопар и различных случаев их установки. Бобышки отличаются длиной, углом скоса, размерами резьбы. Для установки ртутных термометров применяют прямые и скошенные под углом 30 или 45° бобышки различной длины с трубной цилиндрической резьбой 3// или M27x1,5, так как эту установочную резьбу имеют стандартные защитные оправы. Длину под углом скоса бобышки выбирают в зависимости от диаметра трубопровода, на котором устанавливают термометр, и его длины.

Для монтажа термометра сопротивления и термопар применяют прямые бобышки и скошенные под углом 30 и 45° различной длины с трубной цилиндрической резьбой 1" или M33x2, так как эту резьбу имеют стандартные защитные чехлы термометров сопротивления и термопар. Длину бобышки или угол ее скоса выбирают так же, как и в предыдущем случае. Для установки термобаллонов манометрических используют бобышки с трубной цилиндрической резьбой 1 V," или M48x2, так как эту резьбу имеют установочные гайки термобаллонов манометрических термометров.

Помимо размеров длины и угла скоса бобышки различают по их конструктивным особенностям в зависимости от давления, на которое они рассчитаны. Существуют бобышки на условное давление 64 кгс/см² и бобышки на высокое давление.

Провода к термодатчикам подводят в гибких шлангах или защитных трубах. Вторичные приборы для измерения температуры монтируют главным образом на щитах и иногда на специальных металлических конструкциях в соответствии с монтажно-эксплуатационной инструкцией на прибор.

Термодатчики необходимо устанавливать в местах, где отсутствуют завихрения и возмущения потока измеряемой среды. Практически это означает, что место установки термодатчика должно находиться от дроссельных сопротивлений (задвижек, вентилей, сужающих устройств, обратных клапанов и т. д.) на расстоянии не менее двух-трех диаметров трубопроводов.

Условие правильного восприятия температуры — это установка термопар в местах, исключающих их дополнительный нагрев от посторонних источников теплоты. Если это по каким-либо причинам невозможно, следует установить защитный экран или нанести

теплоизоляцию, чтобы надежно защитить термопару от воздействия посторонних источников теплоты.

Не рекомендуется устанавливать термопары в колодцах, нишах и других местах, где затруднена циркуляция воздуха, так как при этом значительно повышается их инерционность.

Кроме того, при установке термодатчиков необходимо учитывать условия их эксплуатации. Ртутные и контактные термометры следует устанавливать в местах, доступных постоянному наблюдению, имеющих достаточную освещенность и исключающих возможность случайного механического повреждения приборов. Термометры необходимо устанавливать на высоте 1,5... 1,8 м от пола, а в тех случаях, когда это невозможно, делать соответствующие площадки, лесенки и другие конструкции, обеспечивающие удобное наблюдение за показаниями термометров.

Не следует устанавливать термометры в непосредственной близости от пола, в узких проходах и других труднодоступных местах, так как это затрудняет контроль за их показаниями и значительно увеличивает возможность случайного механического повреждения приборов.

После выполнения всех операций по монтажу оборудования, приборов и средств автоматизации осуществляют проверку. Правильно выполненный монтаж должен обеспечивать соединение всех приборов и средств автоматизации в работоспособные системы контроля, регулирования и управления в соответствии с проектом автоматизации, а также отвечать специальным требованиям ГОСТа и монтажно-эксплуатационных инструкций заводов-изготовителей аппаратуры.

Технология и организация работ должны предусматривать совмещенное проведение монтажных и наладочных работ, чтобы сократить сроки ввода объекта в эксплуатацию.

Монтаж приборов и средств автоматизации состоит из трех стадий: прокладка кабельных и трубных командных линий по строительным конструкциям и эстакадам; установка и обвязка щитов, пультов и штативов в помещениях контрольно-измерительных приборов, монтаж импульсных трасс; обвязка преобразователей. Соответственно на три стадии разбивают и совмещенную с монтажом проверку монтажных работ. По всем смонтированным узлам и конструктивным элементам монтажники составляют протоколы проверки сопротивления изоляции электрических и герметичности (опрессовки) трубных линий.

На каждой стадии проверку выполненного монтажа начинают внешним осмотром: устанавливают наличие проектных маркировок кабельных и трубных линий, а также отдельных цепей на приборах, зажимных сборках, переборочных соединениях, соединительных коробках и т. д.; наличие требуемых уклонов импульсных линий; наличие запорной арматуры и площадок обслуживания; состояние аппаратуры и соединительных линий.

Правильность соединения элементов системы автоматизации проверяют двумя методами. Непосредственно прослеживают электрические и трубные линии, определяя правильность коммутации элементов системы и их взаимное расположение, состояние линии на всем ее протяжении, возможные электрические влияния со стороны соседних цепей. Этот метод неприменим при большом числе параллельно идущих линий и цепей, при взаимном удалении элементов систем.

Второй метод основан на прозвонке электрических цепей. Прозвонка предусматривает образование электрической цепи, в которую входят источник тока и индикатор, объединенные в комбинированный прибор, и проверяемый участок цепи. Комбинированный прибор подключают к проверяемой жиле кабеля проводом с помощью щупа. В качестве второго проводника цепи используют контур заземления, известные жилы кабеля или провод жгута. Комбинированный прибор будет давать показания отличные от нуля в том случае, если щуп подключен ко второму

концу заземленной жилы. При прозвонке разветвленных цепей отключают все параллельные провода или жилы, через которые может образоваться электрическая цепь в обход проверяемой.

В практике применяют специальные устройства для прозвонки цепей. В корпус такого устройства помещены две батарейки, служащие источником питания, и лампа накаливания. Один из полюсов выведен на щуп, а другой через гибкий проводник — на зубчатый зажим.

Известный конец проверяемой жилы подключают к контуру заземления или известному проводу. При контакте щупа с проверяемой жилой лампа загорается.

При большом объеме работ прозвонку цепей осуществляют два наладчика при помощи телефонных трубок, одна из которых снабжена источником питания. При отыскании проверяемой жилы или провода наладчики слышат по образовавшейся цепи друг друга.

При прозвонке электрических цепей в качестве второго провода желательно использовать известный проводник, так как при использовании в качестве проводника контура заземления проверяющий не гарантирован от ошибок, вызванных случайным заземлением каких-либо других жил проводов проверяемого кабеля или жгута.

По окончании прозвонки наладчики проверяют соответствие выполненного монтажа внешних цепей схемам внутренних соединений подключенной аппаратуры. Все нарушенные вовремя прозвонки резьбовые соединения и контакты по окончании проверки монтажа подтягивают. Приборы, аппаратуру, соединительные коробки и переборочные соединения закрывают крышками.

Практическая работа № 39

Составление алгоритма установки и монтажа приборов на пультах

Цель работы освоить приемы монтажа пультов управления

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составление алгоритма установки и монтажа приборов на пультах.

Пульт управления - закрытая металлическая конструкция в виде стола специальной формы, на котором размещены технические средства дистанционного контроля и управления.

При наличии большого количества аппаратуры к пульту добавляется щит сигнализации с мнемосхемой управляемого процесса. Этот щит может быть непосредственно пристыкован к лицевой части пульта либо установлен на некотором удалении от него.

Мнемосхема представляет собой упрощенную графическую схему технологического процесса в формализованном виде. В эту схему встраивается светосигнальная арматура.

Щиты и пульта управления могут быть однопанельными, одношкафными, а также многопанельными и многошкафными. Их пространственная компоновка зависит от конкретных условий производственного процесса, количества и вида средств автоматизации, удобства и безопасности их обслуживания.

Основные работы при монтаже электрощита или пульта управления

При монтаже пультов выполняют следующие работы:

1. Транспортировка панелей к месту установки.
2. Распаковка.
3. Сборка металлических конструкций щита.

- 4.Ошиновка.
- 5.Монтаж приборов и аппаратов.
- 6.Монтаж проводов на панелях.
- 7.Монтаж контрольных кабелей.
- 8.Разводка и подключение проводов и жил контрольных кабелей.
- 9.Пуско-наладочные работы.

Как правило монтаж проводов на панелях выполняют на заводе. Однако и на месте установки щита электромонтеру приходится часто монтировать провода на панелях. Это вызвано с вносимыми в проект монтажа изменениями, вызванными новыми требованиями, заменой оборудования и другими причинами.

Панели транспортируют в вертикальном положении. Для удобства перевозки и подъема отдельных панелей блоков завод снабжает их инвентарными приспособлениями. Инвентарные приспособления свободностоящих панелей и блоков демонтируют после их окончательной установки, а присланных панелей и блоков до их установки.

Панели транспортируют в соответствии последовательности монтажа. Вторичные приборы и аппараты, доставляемые отдельно от панелей, подают не щит только после окончания установки панелей.



Распаковывать панели следует в закрытых помещениях после окончания всех строительных работ на месте их установки. При распаковке необходимо осторожно, без резких ударов, вскрыть ящик, освободить панель от креплений к дну ящику, снять защитный чехол и другие упаковочные материалы, осмотреть и очистить наружные поверхности от пыли и остатков упаковочного материала.

При установке панелей над кабельными каналами в строительном основании должны быть предусмотрены специальные конструкции, на которые их устанавливают и крепят в 3 – 4 точках.

Элементы пульта расставляют согласно проекту, выравнивают их в горизонтальной и вертикальной поверхностях.

Монтаж шинок в панелях управления

Перед прокладкой шинок необходимо внимательно изучить чертеж их расположения и комплектовочную документацию. По чертежу определяют место расположения каждой шинки и раскладывают их у места установки. Концы шинок и места их закрепления в держателях тщательно зачищают и смазывают тонким слоем вазелина.

Набирают шинодержатели на специальные рейки. Устанавливают рейки с шинодержателями на верхние части торцевых стенок панелей. Затем шинки прокладывают, выверяют и окончательно закрепляют в держателях.

После закрепления шинок их окрашивают. Если шинки доставлены с завода покрашенными, и краска хорошо сохранилась, то их не окрашивают.

После окончания монтажа измеряют сопротивление изоляции шинок мегомметром на напряжение 1000 или 2500 В. Затем к шинкам подключают провода от секционных рубильников и контрольные кабели от щита постоянного тока и панелей центральной сигнализации. Провода от панелей защиты и управления подключать к шинкам не следует. Они подсоединяются наладчиками после окончательной проверки монтажа.

Прокладка проводов на перфорированных профилях и дорожках

Этот способ прокладки проводов относится к виду монтажа с жестким креплением, но основанием служит не панель, а перфорированные профили или дорожки. Провода прокладывают по прокладкам из электрокартона или лакоткани, отделяющим потоки проводов от металлического перфорированного основания. Их крепят к основанию при помощи полосок-пряжек. Вместе крепления на поток проводов накладывают дополнительную изоляцию.

Перфорированные профили применяют в местах гибких связей (например, в местах переходов потоков проводов с неподвижных панелей на подвижные) и крепят к панели электросваркой.

На перфорированных дорожках выполняют открытую однослойную прокладку широких потоков проводов. Перфорированные дорожки обходятся очень дешево, так как их изготавливают из отходов заводов, применяющих для изделий большое количество листового перфорированного металла. Провода можно прокладывать на дорожках отдельно от панелей в мастерских. На монтажной площадке остается исполнить монтаж — это навесить готовые потоки проводов, смонтированные на перфорированных дорожках.

Прокладка проводов воздушными пакетами

Этот способ монтажа относится к категории свободной прокладки проводов. Его часто применяют при монтаже коротких потоков (при монтаже проводов, перемычек между близстоящими на панелях аппаратами и приборами, при разводке проводов и жил контрольных кабелей).

Прокладка проводов воздушными пакетами исключает трудоемкую работу по разметке и сверлению панелей, создается экономия в расходовании электрокартона и лакоткани. Так как воздушный пакет имеет недостаточную жесткость, то для устранения этого недостатка пакеты проводов собирают вокруг стальных прутков или крепят к натянутым отрезкам стальной проволоки(струнам).

На коротких участках монтаж проводов воздушными пакетами состоит из разматывания проводов с бухты и их правки, отмеривания и отрезания проводников необходимой длины, комплектования нарезанных проводов в пакет прямоугольной, чаще круглой формы, закрепление его временными бандажами из изоляционной ленты, крепления проводов в пакете и снятия временных бандажей. Провода в пакете закрепляют монтажной лентой с кнопками.

Для формирования длинных пакетов проводов на стальном прутке, предварительно следует изготовить каркас, сделанный из стального прутка диаметров 5 – 6 мм. Этот каркас изолируют двумя слоями локоткани. Заготовленные провода укладывают вокруг каркаса так что образуется пакет круглой формы и закрепляют полосками-пряжками.

Практическая работа № 40

Изучение правил монтажа приборов, регулирующих устройств и аппаратуры управления на щитах и пультах

Цель работы освоить приемы монтажа приборов, регулирующих устройств и аппаратуры управления на щитах и пультах

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составление правил установки и монтажа приборов, регулирующих устройств и аппаратуры управления на щитах и пультах.

Требования к установке приборов, аппаратов и навесных электрорадиоэлементов.
Требования к выводам установленных приборов и аппаратов

Приборы, аппараты и установочные изделия (в дальнейшем устройства), а также навесные электрорадиоэлементы (в дальнейшем элементы), поставляемые со щитами, должны быть установлены в щите, как правило, до начала монтажа в нем электрических проводок.

Устройства должны быть закреплены внутри щита, как правило, на типовых конструкциях сборника СТК 3-19-90 по типовым монтажным чертежам сборника СТМ 3-19-90 "Установка аппаратуры внутри щитов по ОСТ 36.13-90". Детали для монтажа устройств и проводок должны иметь защитное металлическое покрытие.

При необходимости установки устройства, отсутствующего в сборнике СТМ 3-19-90, его закрепляют по ТМ устройства аналогичной конструкции или по индивидуальному чертежу, который должен входить в состав проектной документации на щит.

При установке устройств в щитах, между открытыми токоведущими частями разных фаз (полярности) рядом стоящих устройств, а также между открытыми токоведущими частями устройств и неизолированными металлическими частями щитов должны быть обеспечены расстояния не менее: 20 мм - по поверхности изоляции и 12 мм - по воздуху.

Положение устройств в щите должно соответствовать требованиям технических условий или инструкций по эксплуатации на эти устройства.

Устройства и элементы должны устанавливаться в щитах так, чтобы не затруднять монтаж соседних устройств или элементов, также не ухудшать условий их эксплуатации (снятие крышек, доступ к органам регулирования и подстройки и т.д.).

Угольники УЗ или скобы СЗ, на которых должны быть установлены устройства с задним присоединением проводов, должны быть ориентированы кромкой основной полки вверх. При установке устройств на двух угольниках или скобах указанное правило касается нижнего из них.

Приборы, устанавливаемые на фасадных панелях и имеющие глубину 300 мм и более, независимо от массы, либо массу более 10 кг, независимо от глубины, должны иметь поддержку хвостовой части.

Несущие поддерживающие конструкции должны быть установлены в щите во всех случаях, в том числе и для приборов, монтируемых на объекте.

Поясняющие надписи около устройств должны быть четкими и контрастными, выполняться красителем черного цвета в рамках (РПМ по ТУ 36.1130-85) на бумаге, пленке или другой основе белого фона.

При этом должны обеспечиваться эстетичность, читаемость и сохраняемость надписей в заданных условиях эксплуатации, транспортирования и хранения.

Содержание надписей должно соответствовать проектной документации.

Шрифт надписей по ГОСТ 26.008-85 и ГОСТ 26.020-80.

Допускается надписи в рамках печатать на пишущей машинке.

В щитах, поставляемых в районы с тропическим климатом, поясняющие надписи выполняют на черно-белом пластике (линолеуме) с гравировкой до контрастного слоя; гравировкой на никелированных пластинках; фотохимическим методом на латуни или алюминии с последующим покрытием лаком или иным способом, удовлетворяющим условиям эксплуатации.

Выполнение поясняющих надписей у устройств на бумаге в щитах, поставляемых в районы с тропическим климатом, не допускается.

Поясняющие надписи в щитах, предназначенных для поставки на экспорт, должны быть выполнены на языке, предусмотренном проектной документацией и заказ-нарядом.

Позиционные обозначения устройств и элементов внутри щита выполняют штемпелеванием краской ТНПФ по ТУ 29-02-889-88 или другими способами или красками, удовлетворяющими условиям эксплуатации, транспортирования и хранения, на свободных местах конструктивных элементов щита в непосредственной близости от устройств или элементов.

Рамки, пластины и т.п. изделия с надписями внутри щитов закрепляют к установочным угольникам и скобам с устройствами по ТМЗ-145-90, ТМЗ-173-90.

Монтаж элементов (резисторов, диодов и т.д.) рекомендуется выполнять на клеммных колодках К-8 ТУ 36.1222-84 или на печатных платах в соответствии с проектной документацией и ТУ на элементы.

Выводы элементов должны быть очищены от окисной пленки, облужены и отформованы, при этом расстояние от корпуса элемента до изгиба вывода должно быть не менее 2 мм, а радиус гибки вывода не менее 1,5 мм, если в ТУ на элементы нет других указаний.

Наращивание выводов элементов, либо их скручивание между собой и с жилами проводов, не допускается.

При пайке элементов расстояние от места пайки до корпуса элемента должно быть не менее 3 мм, если в ТУ на элементы нет других указаний.

Пайку полупроводниковых элементов необходимо выполнять с применением теплоотвода. В качестве теплоотвода рекомендуется использовать инструмент с напаянными медными губками: зажим типа "Крокодил", пинцет и т.п. (черт. 2). После пайки теплоотвод снимается не ранее чем через 5 с. При вторичной установке теплоотвода его необходимо дополнительно охладить не менее 5 с.

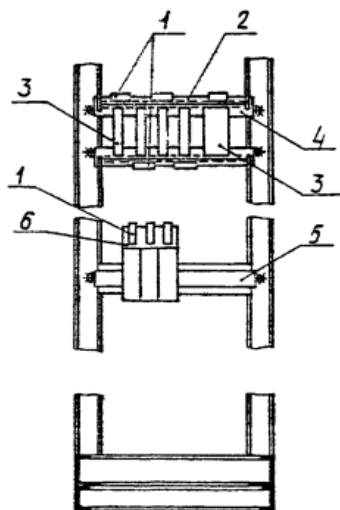


Рисунок 1. Пример установки рамок с поясняющими надписями
 1 - рамка с поясняющей надписью; 2 - угольник ТКЗ-246-90; 3 - устройства; 4 - установочный угольник (скоба); 5 - рейка ТКЗ-277-90; 6 - угольник У ТКЗ-292-90

Практическая работа № 41

Изучение правил монтажа микропроцессорных устройств

Цель работы освоить приемы монтажа микропроцессорных устройств

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте перечень правил установки и монтажа микропроцессорных устройств.

Технические средства АСУ ТП в виде систем с микропроцессорными устройствами в силу их сложности обладают рядом особенностей, которые необходимо учитывать при их монтаже и наладке. Все микропроцессорные устройства поступают на монтаж в уже готовом (собранном и отлаженном) виде, как правило, это шкафные конструкции, монтаж которых заключается в правильной установке, механическом креплении их к полу помещения, подводе напряжения питания, кабелей связи с источниками информации и исполнительными устройствами, воздухопроводов охлаждения аппаратуры. Микропроцессорные устройства устанавливаются в закрытых отапливаемых помещениях без повышенной опасности, в хорошо освещенных и удобных для обслуживания местах. Для надежной работы микропроцессоров, помещения, как правило, оборудуются кондиционерами. Окружающая среда в помещениях не должна содержать агрессивных газов. Все шкафы и блоки обязательно подлежат заземлению (занулению).

Все шкафы и блоки обязательно защищают от влияния внешних магнитных полей. Внешние соединения шкафов и блоков систем с микропроцессорными устройствами выполняют кабелями и жгутами, прокладка которых должна отвечать требованиям «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ). Причем питающие напряжения, входные сигналы от датчиков и преобразователей, и выходные сигналы к исполнительным устройствам поступают в шкафы через разные кабельные вводы и должны быть проложены по разным кабельным каналам.

Релейные панели управления выполнены на элементах пневмоавтоматики, т.к. базовый элемент устройств пневмоавтоматики представляет собой пневматическое реле. Аппаратуру на устройствах унифицированной системы элементов приборов пневмо-автоматики (УСЭПА), предназначенных для построения управляющих систем непрерывного или непрерывно-дискретного действия, устанавливают на платах, которые входят в комплект поставки элементов. Монтажные платы представляют собой три слоя органического стекла, между которыми в определенном порядке фрезеровкой или штамповкой организованы русла, формирующие при Герметичном соединении трех пластин каналы.

Элементы обычно связаны с каналами через радиальные отверстия крепежных ножек. При необходимости исключения внутренней коммутации применяют ножки без радиальных отверстий. Отверстия в платах расположены таким образом, что позволяют устанавливать на плату любой элемент или любую комбинацию элементов. Все элементы УСЭППА имеют гнезда с резьбой М3 на глубине 5 мм.

Практическая работа № 42

Изучение правил монтажа систем управления промышленными роботами

Цель работы освоить приемы монтажа систем управления промышленными роботами

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте перечень правил установки и монтажа систем управления промышленными роботами.

Для установки необходимо обеспечить соблюдение мер безопасности, машина должна работать в зоне, защищенной от постороннего проникновения. При выборе необходимо определить требуемый рабочий радиус и количество осей поворота манипулятора, условия эксплуатации, максимальный вес переносимых предметов, механизм подбирается с учетом целого ряда факторов.

Эффективная эксплуатация промышленных роботов зависит прежде всего от их безопасной и безаварийной работы. Поэтому одной из специфических особенностей, с которой приходится сталкиваться, в первую очередь, при эксплуатации промышленных роботов, является их повышенная опасность для оборудования и обслуживающего персонала. При этом, помимо традиционных опасностей, присущих любому технологическому оборудованию, - травмирование движущимися элементами конструкций, поражение электрическим током и др. - роботы несут ряд новых потенциальных источников опасностей:

1) манипулятор робота, представляющий собой многозвенный механизм, часто значительных размеров, обладающий несколькими степенями подвижности и перемещающийся с достаточно высокой скоростью, может оказаться в любой точке рабочей зоны неожиданно для рабочего, причинив ему весьма серьезную травму, вплоть до смертельной;

2) движения или действий робота могут быть столь сложны (особенно при наличии устройств осязания), что даже оператор не может уверенно предполагать, какими они будут в следующий момент. Например, "отключенный" на первый взгляд робот может внезапно зажечь сварочную дугу, начать движение "руки", сжать губки захватного устройства и т. п.;

3) поведение робота, определяемое управляющей программой и качеством элементов устройства управления, в случае ошибок в программе либо сбоев в микросхемах может стать вообще непредсказуемым;

4) манипулирование на значительных скоростях объектами, обладающими часто большими массами, при ненадежном их удержании либо ошибочном раскрытии захватного устройства представляет опасность травмирования выпавшим объектом;

5) вынужденная необходимость нахождения персонала в рабочей зоне в непосредственной близости от робота при его обучении или техническом обслуживании резко повышает уровень опасностей.

Практическая работа № 43

Монтаж релейных установок - реле времени

Цель работы освоить приемы монтажа релейных установок - реле времени

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте перечень правил установки и монтажа релейных установок - реле времени.

Устройство, срабатывающее по факту истечения назначенного временного интервала, называется реле времени – прибор нашёл широкое применение в электротехнике, электрике, электронике. Благодаря его использованию в схемных решениях удаётся реализовывать более гибкие функции управления различной техникой и аппаратами.

Подключение реле времени в схеме управления

Устройство необходимо подключать с учётом соответствия места установки тем условиям, какие заявлены в техническом паспорте прибора. Как правило, монтаж предполагает вертикальную установку прибора при допусках отклонения от вертикали не более чем на 10°.

Температурные границы помещения, где предполагается монтаж и эксплуатация реле времени, обычно не превышают диапазон $-20^{\circ}\text{C} + 50^{\circ}\text{C}$.

Уровень влажности воздуха в зоне инсталляции прибора не должен превышать значения 80%. Электрическую схему, куда устанавливается таймер, на время установки следует отключить от сетевого питания.



Прибор любой конструкции традиционно имеет технический паспорт, где обозначена схема подключения. Многие таймеры электронно-механические и цифровые дополняются схемой, нанесённой непосредственно на корпусе и показывающей, как и в какой последовательности подключить реле времени.

Классический вариант подключения выглядит так:

Подключение линии напряжения на клеммы питания прибора

Фазная линия через автоматический выключатель соединяется с входным контактом нагрузки реле.

Выходной контакт нагрузки реле подключается непосредственно к фазной линии нагрузки.

По сути, схема подключения для основной массы приборов выстраивается по идентичному принципу: подключение питания на сам прибор и включение нагрузки через группу коммутируемых контактов.

В зависимости от типа реле (однофазные, трёхфазные), а также от конструктивных особенностей, этих контактных групп может быть несколько.

Практическая работа № 44

Монтаж релейных установок - тепловое реле

Цель работы освоить приемы монтажа релейных установок - тепловое реле

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте перечень правил установки и монтажа релейных установок - тепловое реле.

Реле называется тепловым из-за его принципа действия, во многом подобного на принцип работы выключателя-автомата, в котором биметаллические пластины, нагретые электротоком, выполняют разрыв цепи и давят на механизм спуска.

Так как тепловое реле в схемах требуется подключать за магнитным пускателем, отсутствует необходимость дублирования функции контактора после размыкания цепей в аварийных случаях. Выбор в пользу такой защиты позволяет достичь существенной экономии материала для силовых контактных групп. Ведь гораздо проще коммутировать малые токи единой управляющей цепи, чем разрывать сразу три контакта под высокой токовой нагрузкой.

При подключении прибора следует помнить, что тепловым реле силовые цепи не разрываются напрямую, им подается управляющий сигнал при повышении нагрузок.

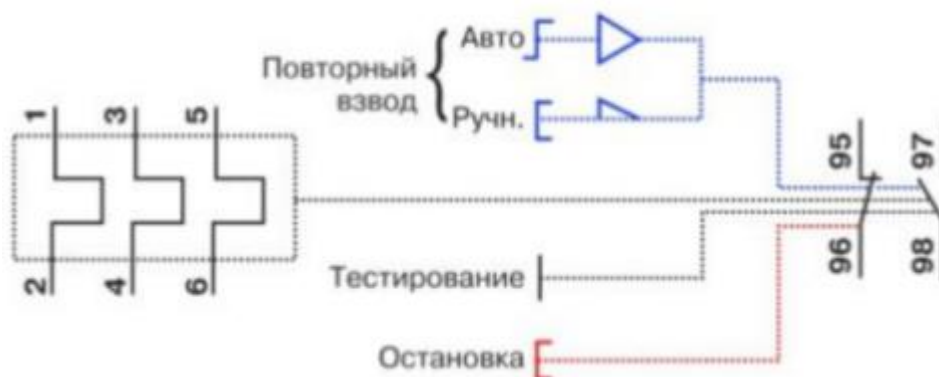
Обычно в конструкции тепловых реле предусмотрено наличие двух контактов:

- нормально замкнутого;
- разомкнутого в нормальном положении.

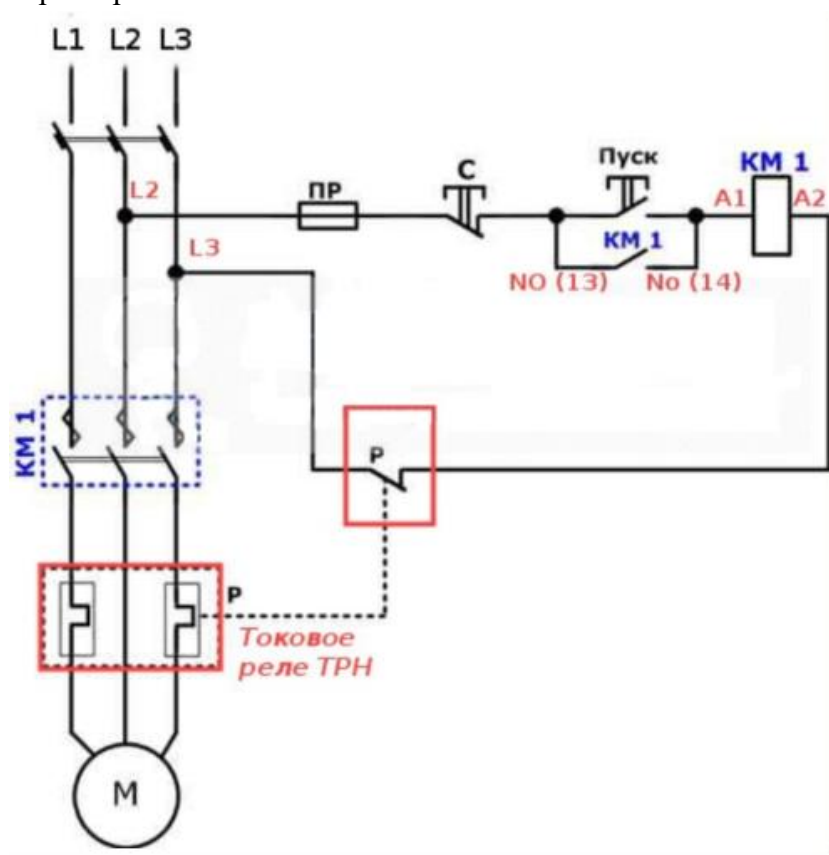
После сработки реле оба этих контакта одновременно изменяют свое положение.

Обычно монтаж теплового реле осуществляется вместе с магнитным пускателем, выполняющим соединение и запуск электродвигателя. Выпускаются также и устройства, устанавливающиеся как самостоятельный прибор на DIN-рейке либо на монтажной панели — ТРН или РТТ.

Если у реле ТРН присутствует лишь пара входящих подключений, фаз в нем все равно три. Отключенный фазный провод выходит с пускателя к двигателю, минуя устройство. Изменение тока в электромоторе происходит пропорционально во всех фазах, потому достаточно выполнять контроль только за двумя из них.



Помимо этого, не менее интересна схема подсоединения теплового реле посредством токовых трансформаторов, предназначенная для применения при подключении мощных двигателей, например, поливочных систем крупных фермерских хозяйств. При добавлении в питающую цепь трансформатор следует иметь в виду параметр трансформации, равный, например, 60/5. Этот параметр означает, что при поступлении через первичную обмотку тока в 60 А, на вторичной обмотке его величина будет равна 5 А. Использование такой схемы позволит сократить расходы на приобретение комплектующих без снижения эксплуатационных характеристик.



Красным цветом на схеме указаны трансформаторы тока, подключающиеся к амперметру и реле контроля, для визуального представления о проходящих в цепи процессах. Подключение трансформатора выполняется по схеме «звездочка» с одной общей точкой.

Практическая работа № 45

Составление алгоритма монтажа кабельных каналов

Цель работы освоить приемы монтажа кабельных каналов

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте перечень правил монтажа кабельных каналов.

Традиционная прокладка электропроводки в жилых и производственных помещениях выполняется открытым или скрытым внутри строительных элементов способом. Использование специальных пластиковых коробов позволяет повысить электрическую безопасность и улучшить дизайн помещений с открытой проводкой.

Они изготавливаются всегда с плоским основанием, которое предназначено для крепления к ровной поверхности строительной конструкции.



Чтобы окончательная работа отличалась эстетичным видом, позволяла надежно эксплуатировать электроэнергию и была проведена с минимальной стоимостью, необходимо последовательно выполнить четыре простых правила:

1. продумать ход ее выполнения и воплотить замысел проектом на бумаге;
2. закупить необходимое количество комплектующих материалов и инструмента, подобрав их под конкретные технические условия прокладки магистралей в помещениях;
3. нанести трассы линий на строительные конструкции;
4. выполнить монтажные работы.

Составление проекта

Качество его реализации оказывает влияние на количество и состав необходимых закупок и трудозатраты при проведении монтажа, что сильно влияет на сроки выполнения работ и их стоимость. По этим причинам составление проекта является важным и ответственным моментом, хотя отдельные владельцы им пренебрегают, допуская различные ошибки.

В домашних условиях проект монтажа кабель-каналов из ПВХ вполне можно выполнить черновым вариантом на простых листах бумаги. Главное внимание следует обратить на точности плана и наносимых на него измерений, которые можно выполнить обыкновенной рулеткой.

Составлять план необходимо как при первоначальном строительстве, так и во время очередных реконструкциях помещений или доработках электрической схемы.

Последовательность составления проекта

1. определение на строительных конструкциях мест расположения коммутационных элементов (выключателей, розеток, распределительных коробок) и потребителей электроэнергии, включая светильники, переносные и стационарные электрические приборы;
2. планирование магистралей силовой электропроводки, компьютерных сетей и слаботочных цепей, определение обхода возможных критических трасс вокруг водо—и газопроводов, систем обогрева и канализации;
3. составление на бумаге эскизов комнат и нанесение на них спланированных мест с обозначением размеров, позволяющих рассчитать потребность в материалах.

В ходе планирования необходимо четко определить:

- места монтажа оконечных устройств электропроводки;
- конфигурацию маршрутов кабель-каналов к ним, выполняемых по стенам, полу или потолку;
- состав кабелей и проводов для каждого соединительного участка и их поперечное сечение;
- протяженность всей трассы и любого ее элемента;
- дизайнерские замыслы интерьера.

Подбор комплектующих материалов и инструмента

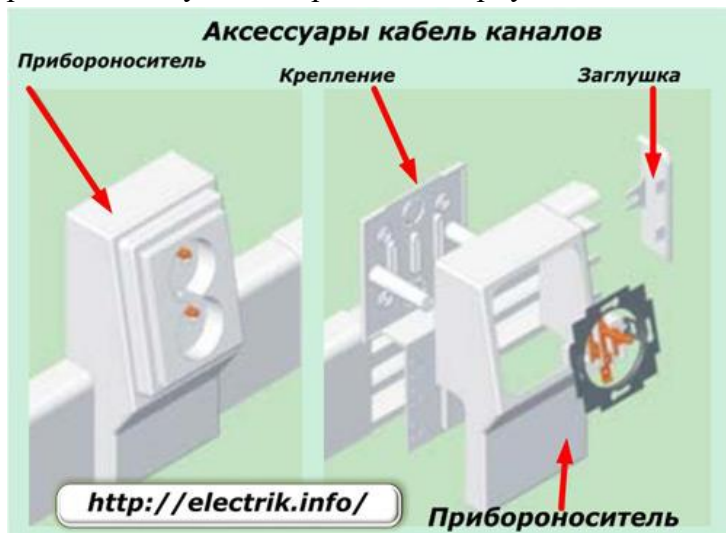
К этому этапу приступают после того, как полностью решены вопросы проекта. Иначе появятся ошибки, связанные с потерей материальных средств.

В случае параллельной прокладки нескольких кабелей выбирается конструкция короба, соответствующего их размерам в поперечном сечении. При этом учитывают, что допускается прокладка электрических проводов и слаботочных цепей в одном кабель-канале, который разделен специальными перегородками.

Для крепления на больших пролетах между опорами лучше подходит конфигурация узкого лотка с высоким краями, чем широкая форма с низкими стенками потому, что может выдерживать чуть большие нагрузки. Но в этом случае труднее укладывать кабели.

На основе схемы проекта определяются потребные внутренние габариты коробов для каждого участка и делается их разделение на основные и ответвительные с меньшими сечениями. Соответственно, рассчитывается протяженность каждого профиля.

Кабель-каналы из ПВХ снабжаются дополнительными аксессуарами, обеспечивающими закрепление в них электропроводки определенными способами и прокладку трасс под различными углами, крепление корпусов всевозможных розеток и выключателей.



Многие кабель-каналы имеют приспособления для встроенного монтажа розеток и выключателей наружной установки. Это не только облегчает работу, но и красиво смотрится.

Радиально устанавливаемые вставки защищают проводку от механических воздействий на стыках стен, придают конструкции большую прочность. Крепежные планки позволяют добиться плотного прилегания внутренней поверхности крышки к корпусу. Количество всех покупаемых деталей необходимо рассчитать после составления проекта до похода в магазин.

При этом важно изучить предлагаемую продукцию от нескольких производителей и выбрать наиболее подходящую по техническим параметрам и дизайну. Основное внимание обращайте не только на состояние целостности торцов и поверхностей, но и работу замков.

Отдельные кабель-каналы выпускаются с подготовленными отверстиями, имеющими овальную форму для крепления к стене. Они позволяют немного сдвигать корпус в осевом направлении при монтаже после установки крепления до окончательной фиксации затяжных саморезов.

Специальные конструкции кабель-каналов могут монтироваться даже внутри заливных полов.

По степеням защиты установленного кабеля конструкции коробов подразделяются на классы:

IP 00 — когда все элементы выполнены прямой линией и не закрыты крышками;

IP 20 — прямая трасса выполнена перфорированной основой и закрыта крышками;

IP 40 — прямые магистрали из неперфорированных элементов, закрытые крышками;

IP 44 — то же, что и при IP 40, но с использованием дополнительного бандажа на каждом соединительном элементе, закрытом крышками.

Способ крепления короба шурупами не является единственным. Можно воспользоваться:

- строительным пистолетом;
- клеевыми составами;
- клеящейся двухсторонней лентой.

Какой из них лучше подходит для конкретных условий следует определять индивидуально. Однако, при выполнении трасс кабель-каналов внутри дома быстрее всего монтаж производится строительным пистолетом. Использование дюбелей и саморезов связано со сверлением. А крепление клеевыми составами рекомендуется для небольших участков.

Поскольку отдельные конструкции коробов могут располагаться между вертикальными стыками стен или использоваться в качестве потолочных либо напольных плинтусов, то их изготавливают формой, близкой к треугольнику. Другие же кабель-каналы, монтируемые на расстоянии от перпендикулярных поверхностей, создаются с прямоугольным профилем или близким к нему.

ПВХ материал обладает определенной прочностью и хорошей эксплуатационной стойкостью. В то же время он доступен для обработки обычными режущими инструментами: ножами и пилами с мелкими зубьями, сверлами, усиленными ножницами, которые имеются в арсенале практически у каждого домашнего мастера.

В продаже представлены специализированные приспособления, предназначенные для более качественного и быстрого выполнения вырезов, разметки, стыковки прилегающих поверхностей. Если планируется большой объем монтажа, то такой инструмент значительно облегчит работу.

Разметочные работы на строительных конструкциях

Качество разметки определяет эстетический вид собранного кабель-канала и всего помещения в целом. Поэтому относиться к ее нанесению следует ответственно.



Смонтированные короба отлично смотрятся на идеально спланированных поверхностях. Если на стенах имеются небольшие неровности, то их можно визуально сгладить за счет прогиба ПВХ материалов и увеличения частоты крепежных элементов.

Серьезные дефекты искривленных стен создадут проблемы при монтаже, не позволят выполнить работу красиво. Поэтому их лучше выровнять заранее.

Чтобы спроектировать линии строго в горизонтальной и вертикальной плоскостях необходимо использовать уровни и отвесы. Строительные шнуры, лазерные нивелиры, инфракрасные указки позволяют выполнить разметку быстро с высоким качеством. Подробнее об этом смотрите здесь: Как выполняется разметка при монтаже электропроводки

Если при разметке рассматривалось несколько вариантов расположения магистралей, то окончательно выбранная линия должна выделяться от остальных шириной или цветом. Иначе при сверлении поверхностей могут возникнуть ошибки.

Технологические особенности монтажа ПВХ короб составляется из двух частей:

1. пластикового корпуса, прикрепляемого к строительной конструкции;
2. крышки, закрывающей провода и вставляемой в замки коробки.

При монтаже вначале закрепляют короба на стенах, полу или потолке, затем в них укладывают проводку и после этого закрывают съемные крышки.

Стандартная длина заводского кабель-канала в составе этих разъемных частей равна двум метрам. Когда ее не хватает, то очередной корпус просто пристыковывают к предыдущему. Если же образуется излишек протяженности, то заготовку корпуса вместе с крышкой обрезают по нужному размеру.

Ровные стыки можно получить выпиливая углы в специальных угольниках. Многие мастера обрезают заготовки электрическими ножовками-лобзиками или болгарками. При этом получаются очень четкие срезы, но образуется много пластиковой пыли. От ее попадания в организм придется защищаться очками и респираторами, а с пола и окружающих предметов потребуется убирать вручную тряпкой или пылесосом.

После выпуска с завода пластиковая конструкция подвергается многочисленным транспортировкам и хранению в разных местах, что не всегда соответствует ее сохранности. Дефекты от небрежного обращения проявляются трещинами и сколами на боковых поверхностях. Поэтому их надо осматривать и выравнивать до установки на строительные конструкции.



На стыках стен направление кабель-канала изменяется ровно на 90 градусов. Чтобы выполнить этот поворот допускается подрезка боковых сторон корпуса с крышкой на поворотах и изгиб в нужном направлении. В таких местах много времени уходит на качественную стыковку деталей. Специальные крышки из комплекта аксессуаров красиво закрывают проблемные места и позволяют выполнять работу быстро.

Корпуса под небольшие слаботочные кабели выпускаются со сплошными стенками без крепежных отверстий, используются для клеевого крепления. Если планируется монтаж шурупами, то под них лучше рассверлить отверстия заранее. Наложение короба с подготовленными отверстиями при разметке на стену позволит точно наметить места сверления и совместить саморез с установленным в стене дюбелем.

Крепление корпусов коробов и распределительных коробок посредством строительного пистолета следует выполнять через заранее подготовленные отверстия в ПВХ-корпусе.



Качественная пластмасса скорее всего может не растрескаться от выстрела прямо в пластик и выдержит его усилия, а выполненная даже с небольшими нарушениями технологии даст глубокие трещины или вообще лопнет.

Когда внутри короба располагается несколько кабелей и проводов, то их следует аккуратно укладывать параллельными рядами по своим нишам и закреплять крепежными перемычками, распорками или связывать через каждые полметра. Все эти элементы можно приобрести в магазине. Они имеются в комплекте аксессуаров.

Материал стены влияет на способ крепления кабель-канала к ней следующим образом:

1. деревянная конструкция позволяет вворачивать в нее обыкновенные шурупы;
2. кирпич, бетон и камень требуют предварительного сверления гнезд под дюбеля или использование строительного пистолета;
3. ПВХ-панели, гипсокартон и листы фанеры или ДСП могут выдерживать только специальные конструкции вворачиваемых приспособлений в форме бабочек;

4. места, где сверление и углубление в стену невозможно, допускают только закрепление клеевым составом или двухсторонней клеящей лентой.

В отдельных случаях можно надеть подготовленный короб короткой длины на уже закрепленный кабель.



Выполненная конструкция кабель-канала должна обладать:

- стойкостью к механическим воздействиям;
- надежной защитой кабеля;
- доступностью реконструкции для проведения доработок электрической схемы;
- сравнительно невысокой стоимостью.

Практическая работа № 46

Оформление сдаточной документации при монтаже

Цель работы освоить правила оформления сдаточной документации при монтаже

Задание:

1. Внимательно изучите и проанализируйте материал по теме.
2. Составьте перечень правил оформления сдаточной документации при монтаже.

1. Общие формы приемосдаточной документации отражают основные этапы электромонтажных работ, которые определены СНиП 3.05.06-85, к общим формам документов относятся:

- а) ведомость технической документации, предъявляемой при сдаче-приемке электромонтажных работ (форма 1);
- б) акт технической готовности электромонтажных работ (форма 2);
- в) ведомость изменений и отступлений от проекта (форма 3);
- г) ведомость электромонтажных недоделок, не препятствующих комплексному опробованию (форма 4);
- д) акт приемки-передачи оборудования в монтаж (форма ОС-15);
- е) акт о выявленных дефектах оборудования (форма ОС-16);
- ж) ведомость смонтированного электрооборудования (форма 5);

з) акт готовности строительной части помещений (сооружений) к производству электромонтажных работ (форма 6).

2. Справка о ликвидации недоделок в состав технической документации не входит и передается заказчику отдельно (форма 6 а).

3. Техническая документация по сдаче-приемке электромонтажных работ, скомплектованная по форме 1 совместно с актом технической готовности электромонтажных работ (форма 2), передается генподрядчику; она является приложением к акту о приемке оборудования после индивидуальных испытаний (форма 1 а).

4. Актом технической готовности электромонтажных работ (форма 2) оформляется готовность электромонтажных работ для предъявления их рабочей комиссии по приемке оборудования после индивидуальных испытаний.

5. Акт технической готовности (форма 2) используется для оформления (при необходимости) сдачи-приемки электроустановки генеральному подрядчику для обеспечения сохранности законченных электромонтажных работ, а также для сдачи-приемки заказчику (генеральному подрядчику) составных частей электроустановки (электроосвещение, кабельные линии, ЛЭП и т.п.) во временную эксплуатацию.

6. Акт приемки-передачи оборудования в монтаж составляется по типовой межведомственной форме ОС-15, утвержденной Постановлением Госкомстата России от 21.01.2003 № 7.

Тем же Постановлением Госкомстата России введена форма ОС-16 Акта о выявленных дефектах оборудования. Акт составляется в случаях, когда дефекты оборудования выявлены в процессе монтажа, наладки и испытаний. Необходимость ревизии и сушки электрооборудования оформляется этим актом. Акты по формам ОС-15 и ОС-16 подготавливаются заказчиком при участии монтажников.

7. Ведомость смонтированного электрооборудования (форма 5) используется в качестве приложения 4 к Акту технической готовности электромонтажных работ (форма 2).

При заполнении ведомости рекомендуется использовать данные акта приемки-передачи оборудования в монтаж (форма ОС-15) по графам 1, 2, 3.

8. Актом по форме 6 оформляется готовность строительной части объекта (помещения, сооружения) к производству электромонтажных работ.

Акт по форме 6 подготавливается представителями строительной организации при участии монтажников, которые определяют готовность строительной части объекта (помещения, сооружения) для производства электромонтажных работ.

9. При необходимости, оформляется акт передачи смонтированного оборудования для производства пусконаладочных работ (форма 6 б).

10. Оформление обложки к технической документации по сдаче-приемке электромонтажных работ рекомендуется выполнять в соответствии с формой 25.

Ведомость технической документации, предъявляемой при сдаче-приемке электромонтажных работ

1. Комплект рабочих чертежей электротехнической части - исполнительная документация.
2. Комплект заводской документации (паспорта электрооборудования, протоколы заводских испытаний, инструкции по монтажу, наладке и эксплуатации и т.п.).
3. Акты, протоколы, ведомости, журналы по электромонтажным работам, по строительным работам, связанных с монтажом электротехнических устройств.



Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК «Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ О.В. Исакова

Контрольно-оценочное средство по дисциплине

МДК 01.02. Монтаж средств автоматизации

Форма контроля:	<u>промежуточная аттестация</u>
Форма промежуточной аттестации:	<u>экзамен</u>
Тип контрольного задания:	<u>билеты</u>
Проверяемые результаты обучения:	<u>У 1-16, З 1-27</u>
Критерии оценки	

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	1. дан полный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. ответ самостоятельный.
«Хорошо» - 4	1. дан правильный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. допущены 2-3 не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, или некоторая неполнота ответа, шероховатость в изложении материала.
«Удовлетворительно» - 3	1. материал в основном изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки; 2. ответ неполный, построен несвязно, с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«Неудовлетворительно» - 2	ответ обнаруживает незнание или непонимание большей и наиболее существенной части учебного материала

Составитель:

Исакова О.В.

преподаватель дисциплин общепрофессионального
и профессионального цикла

Билет № 1.

1. Станочное и вспомогательное оборудование металлообрабатывающих цехов и мастерских (виды, назначение и область применения).
2. Методы измерения температуры (виды, область применения).

Билет № 2.

1. Подъемно-транспортное оборудование (виды, назначение и область применения).
2. Косвенный метод измерения температуры (назначение, область применения).

Билет № 3.

1. Инструмент и приспособления для электромонтажных работ (виды, назначение и область применения).
2. Монтаж датчиков переменного перепада давления.

Билет № 4.

1. Инструмент для слесарных работ (технические характеристики и порядок работ с инструментом для слесарных работ).
2. Правила монтажа термосопротивлений.

Билет № 5.

1. Маркировка кабеля.
2. Подбор буров для перфоратора под массу несущей конструкции.

Билет № 6.

1. Перфоратор электрический (назначение, область применения, правила подготовки к работе, выполнение работ).
2. Алгоритм разделки бронированного кабеля.

Билет № 7.

1. Пневматический инструмент (виды, назначение и порядок работ с пневматическим инструментом).
2. Подключение термопары по двухпроводной схеме.

Билет № 8.

1. Оборудование монтажно-заготовительных мастерских (виды, назначение и область применения).
2. Маркировка проводов и кабелей при подключении в электрошкафу.

Билет № 9.

1. Режущий инструмент для работы на токарно-винторезных станках (виды, назначение).
2. Требования к материалу для изготовления контрольно-измерительных инструментов.

Билет № 10.

1. Оборудование и инструмент для сварочных работ (виды, назначение и область применения).
2. Правила присоединения кабелей к выводам распределительных устройств.

Билет № 11.

1. Оборудование для монтажного участка (виды, назначение и область применения).
2. Правила оконцевания жил проводов и кабелей для прокладки в тоннелях.

Билет № 12.

1. Подъемно-транспортные механизмы (виды, назначение и область применения).
2. Правила монтажа сужающих устройств.

Билет № 13.

1. Электрический инструмент (виды, назначение и порядок работ с электрическим инструментом).

2. Правила монтажа вторичных приборов для измерения температуры.

Билет № 14.

1. Специальный инструмент, механизмы и приспособления (виды, назначение и область применения).
2. Правила монтажа буйковых уровнемеров.

Билет № 15.

1. Монтажные изделия и детали (виды, назначение и область применения).
2. Правила монтажа датчиков для измерения избыточного давления.

Билет № 16.

1. Условия хранения инструментов, электрооборудования и кабельной продукции.
2. Правила монтажа устройств типа «труба Вентури».

Билет № 17.

1. Конструкторская, производственно-технологическая и нормативная документация, необходимая для выполнения работ.
2. Правила монтажа радарных уровнемеров.

Билет № 18.

1. Этапы подготовки к производству монтажных работ.
2. Правила монтажа кабель-каналов.

Билет № 19.

1. Способы макетирования схем.
2. Правила монтажа и подключения пультов.

Билет № 20.

1. Производство монтажа щитов.
2. Правила монтажа электромагнитных расходомеров.

Билет № 21.

1. Трубные проводки (классификация и назначение, технические требования к ним).
2. Измерение сопротивления изоляции электропроводок.

Билет № 22.

1. Испытания трубных проводок.
2. Алгоритмы пайки и лужения проводов.

Билет № 23.

1. Монтаж электропроводок систем автоматизации (классификация электрических проводок, их назначение, правила монтажа).
2. Правила подготовки приборов к монтажу.

Билет № 24.

1. Монтаж систем управления промышленными роботами.
2. Алгоритм монтажа кабельных лотков.

Билет № 25.

1. Монтаж регулирующих устройств на щитах и пультах.
2. Алгоритм монтажа приборов для измерения расхода – ротаметров.



Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджсикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК

«Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ Исакова О.В.

Контрольно-оценочное средство

МДК. 01.03. Система охраны труда и промышленная экология

Форма контроля: текущий

Типы контрольных заданий: практическая работа

Тема: Промышленная безопасность

Тема Промышленная экология

Проверяемые результаты обучения: У 1 -16, 3 23-26

Критерии оценки

Оценка	Критерии
Выполнил	Сдал
Не выполнил	Не сдал

Составитель:

Муравьева Е.Е.

преподаватель

Практическая работа
Классификация опасных и вредных факторов в сфере профессиональной деятельности

1. Укажите классы опасности вредных веществ

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на четыре класса:

- 1-й _____
2-й _____
3-й _____
4-й _____

2. Ответьте на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Что такое аэрозоли?
2. Каковы основные пути проникновения вредных веществ в организм человека?
3. Как действуют вредные вещества на организм человека?
4. Представьте классификацию вредных веществ.
5. Что такое фиброгенное действие пыли на организм человека?
6. Дайте определение понятия «предельно допустимая концентрация» (ПДК).
7. Как обеспечить поддержание в воздухе безопасной концентрации вредных веществ?
8. Перечислите индивидуальные средства защиты от воздействия вредных веществ.
9. Как рассчитать необходимое количество воздуха, подаваемого в помещение для снижения содержания в нем вредных веществ до нормы?
10. Что такое кратность воздухообмена?
11. Для чего служит местная вытяжная вентиляция?
12. Какие устройства местной вытяжной вентиляции вы знаете?
13. Как осуществляется контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны?
14. Как устроены фильтрующие и изолирующие противогазы? Какова область их применения?
15. Заполните таблицу:

Различия в буквенной маркировке и цветовой окраске фильтров противогазов

Марки фильтров	Тест-вещества и окраска фильтра	
	ГОСТ 12.4.193-99	ГОСТ 12.4.122-83
А		
В		
Е		
К		
КД		
NO		
М		
Ng		
Г		

3. Распределите виды опасных и вредных производственных факторов согласно их классификации, заполнив таблицу:

- движущиеся машины и механизмы;
- пожароопасные вещества;
- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха, рабочей среды;

- повышенная или пониженная температура поверхности оборудования, материалов;
- эмоциональные перегрузки;
- повышенная (более 30°C) или пониженная (менее 10°C) температура в помещениях;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- взрывоопасные вещества;
- повышенный уровень вибрации;
- физические перегрузки;
- микроорганизмы (бактерии, вирусы);
- повышенное или пониженное барометрическое давление и его резкое изменение;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- наличие статического электричества на корпусах оборудования и предметов; макроорганизмы (растения, животные, рыбы);
- наличие напряжения 380/220В в сети освещения;
- повышенный уровень напряженности электромагнитного поля (от ПЭВМ, печи СВЧ, люминесцентных ламп, множительной техники);
- умственное перенапряжение;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- монотонность труда;
- повышенная яркость света;
- прямая и отраженная блескость;
- повышенная пульсация светового потока;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструмента, деталей, оборудования;
- хронический стресс;
- расположенность светильников помещений на значительной высоте относительно пола;
- повышенная температура воды и оборудования системы отопления.

Классификация опасных и вредных производственных факторов

<i>Опасные и вредные факторы производственной среды</i>			
<i>физические</i>	<i>химические</i>	<i>биологические</i>	<i>психофизиологические</i>

4. Проанализируйте и перечислите вредные и опасные производственные факторы (физические, химические, биологические, психофизические) действующие на технолога деревообрабатывающего производства при выполнении работ

Вид работы (операции)	Вредные производственные факторы на различных этапах производства	Опасные производственные факторы на различных этапах производства
лесозаготовительные и лесоскладские работы		
производство		

пиломатериалов		
обработка и переработка круглых лесоматериалов в щепу		
производство стружечных плит		
производство кормовых продуктов и удобрений		

Практическая работа

Оценка состояния производственной санитарии и гигиены на рабочем месте.

Задача № 1

Задание: Определите количество воздуха, который необходимо удалить из вытяжного шкафа при содержании в воздухе углерод оксида (K)

Исходные данные:

Размер проемного окна $S = 0,8 \cdot 0,8$ м.;

ПДК углерод оксида $q_{пдк} = 20$ мг/м³;

Объем вытяжного шкафа $V = 6$ м³.

Решение задачи:

$$K = L / V \text{ (ед/ч)}$$

где L - производительность вентиляции, м³/ч,

V – объем вытяжного шкафа, м³.

$$L = G (q_{пдк} - q_{пр}) \text{ (м}^3\text{/ч)}$$

где G – скорость выделения вредного вещества, мг/ч,

$q_{пдк}$ – ПДК вещества,

$q_{пр}$ – ПДК фактическая.

Принято содержание вредного вещества (его концентрация) в воздухе 30% от уровня ПДК).

Для перевода % в мг, необходимо % / 100.

$$G = V \cdot 3600 \text{ сек} / S \text{ (м/ч)}$$

$$q_{пр} = q_{пдк} \cdot (30 / 100) \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

Задача № 2

Задание: Определите количество углерод оксида, выделяющейся в помещении при работе карбюраторного двигателя ВАЗ 2105

Исходные данные:

Содержание вредных веществ в отработавших газах при разогреве двигателя ВАЗ 2105

$P_B = 0,071\%$;

Рабочий объем двигателя $V_K = 1,3$ литра.

Решение задачи:

Количество окиси углерода, выделяющейся в помещении при работе карбюраторного двигателя ВАЗ 2105

$$G_{CO} = 15 G_T P_B / 100 \text{ (кг/ч)}$$

где G_{CO} – количество окиси углерода, кг/ч

15 – количество отработавших газов, получающихся при сгорании 1 кг топлива, кг,

G_T – расход топлива, кг/ч,

P_B – содержание вредного вещества в отработавших газах, %

$$G_T = 0,6 + 0,8 V_K$$

где G_T – расход топлива, кг/ч,

V_K – рабочий объем двигателя, л

Задача № 3

Задание: Рассчитайте количество светильников и мощность светильной установки в помещении цеха

Исходные данные:

Нормативная освещенность $E_n = 200$ лк;

Площадь помещения $S = 279,84$ м²;

Источник света – люминесцентная лампа ЛБ-80;

Тип светильника – ОД (открытый дневного света);

Число ламп в светильнике $n = 2$;

Световой поток лампы $F_n = 5200$ лм;

Коэффициент использования светового потока $\eta = 0,57$ в долях единицы.

Решение задачи:

Количество светильников определим по следующей формуле:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{F_n \cdot \eta \cdot n}$$

где E_n – нормируемая освещенность, лк;

S – площадь помещения, м²;

K_z – коэффициент запаса, принимаем 1,5

Z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещения поверхностей, расположенных под светильниками и между ними (для ламп накаливания 0,8 – 0,9, для газоразрядных ламп 1,1 – 1,2), принимаем 1,1;

F_n – световой поток лампы, лм;

η – коэффициент использования светового потока, в долях единицы;

n – количество ламп в светильнике.

Мощность осветительной установки определяем по формуле:

$$W = W_n \cdot N \cdot n,$$

где W_n – мощность лампы, Вт.

Практическая работа Разработка инструкции по охране труда

Цель работы:

1. Рассмотреть и проанализировать инструкцию по охране труда.
2. Усвоить порядок разработки и содержание инструкций по охране труда.

1. Общие сведения.

Инструкция по охране труда — нормативный акт, устанавливающий требования по охране труда при выполнении работ в производственных помещениях, на территории предприятия, на строительных площадках и в иных местах, где производятся эти работы или выполняются служебные обязанности.

Инструкции по охране труда могут быть типовые (отраслевые) и для работников предприятий (по должностям, профессиям и видам работ).

Типовые инструкции утверждаются федеральными органами исполнительной власти после проведения предварительных консультаций с соответствующими профсоюзными органами.

Инструкции по охране труда могут разрабатываться как для работников по должностям, отдельным профессиям, так и на отдельные виды работ (работа на высоте, монтажные, наладочные, ремонтные работы, проведение испытаний и др.).

Инструкция по охране труда должна содержать следующие разделы:

1. Общие требования охраны труда.
2. Требования охраны труда перед началом работы.
3. Требования охраны труда во время работы.
4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях.
5. Требования охраны труда по окончании работы.

В раздел **"Общие требования охраны труда"** рекомендуется включать:

- условия допуска работников к самостоятельной работе по соответствующей профессии или к выполнению соответствующего вида работ (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей и т. п.);
- указания о необходимости соблюдения правил внутреннего трудового распорядка;
- требования по выполнению режимов труда и отдыха;
- перечень опасных и вредных производственных факторов, которые могут воздействовать на работника в процессе работы;
- перечень спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, выдаваемых в соответствии с установленными нормами, с указанием обозначений государственных, отраслевых стандартов или технических условий на них;
- требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;
- порядок уведомления работодателя о случаях травмирования работника, о неисправности оборудования, приспособлений и инструмента;
- указания по оказанию первой (доврачебной) помощи;
- правила личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении работы.

В раздел **"Требования охраны труда перед началом работы"** рекомендуется включать:

- порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;
- порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокировочных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, местного освещения и т. п.;
- порядок проверки исходных материалов (заготовки, полуфабрикаты);
- порядок приема и передачи смены в случае непрерывного технологического процесса и работы оборудования.

В раздел **"Требования охраны труда во время работы"** рекомендуется включать:

- способы и приемы безопасного выполнения работ, использования технологического оборудования, транспортных средств, грузоподъемных механизмов, приспособлений и инструментов;
- требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);
- указания по безопасному содержанию рабочего места;
- действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций;
- требования, предъявляемые к использованию средств индивидуальной защиты работников.

В раздел **"Требования охраны труда в аварийных ситуациях"** рекомендуется включать:

- перечень основных возможных аварийных ситуаций и причины, их вызывающие;
- действия работников при возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к нежелательным последствиям;
- действия по оказанию первой помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании.

В раздел "**Требования охраны труда по окончании работ**" рекомендуется включить:

- порядок отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры;
- порядок уборки отходов, образующихся в ходе производственной деятельности;
- требования соблюдения личной гигиены;
- порядок извещения руководителя работ о недостатках, влияющих на безопасность труда, обнаруженных во время работы.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Просмотреть видеоматериал о выполнении лесосечных, нижнескладских и лесотранспортных работ

2.2. Проанализировать инструкцию по охране труда, представленную в видеоматериале.

2.3. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к инструкциям, составить инструкцию по охране труда при выполнении лесосечных, нижнескладских и лесотранспортных работ

Практическая работа Оформление наряда допуска на работы повышенной опасности

НАРЯД-ДОПУСК на производство работ в местах действия опасных или вредных факторов

Выдан « ____ » _____ 200__ г.
Действителен до « ____ » _____ 200__ г.

1. Руководителю работ _____
(Ф.И.О., должность)

2. На выполнение работ _____
(наименование работ, место, условия их выполнения)

3. Опасные производственные факторы, которые действуют или могут возникнуть независимо от выполняемой работы в местах ее производства: _____

4. До начала производства работ необходимо выполнить следующие мероприятия:

№ п.п.	Наименование мероприятия	Срок выполнения	Ответственный исполнитель
1	2	3	4

Практическая работа
Оформление нормативных документов при проведении инструктажей по охране труда

Задание:

Заполните личную карточку прохождения обучения

ФОРМА ЛИЧНОЙ КАРТОЧКИ ПРОХОЖДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ

(предприятие, организация, учебное заведение)

**ЛИЧНАЯ КАРТОЧКА
ПРОХОЖДЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ**

1. Фамилия, имя, отчество _____
2. Год рождения _____
3. Профессия, специальность _____
4. Цех _____ участок (отделение) _____
5. Отдел (лаборатория) _____ Табельный N _____
6. Дата поступления в цех (участок) _____
7. Вводный инструктаж провел _____
(фамилия, инициалы, должность)
- _____
(подпись, дата)

Вводный инструктаж прошел _____
(подпись инструктируемого, дата)

8. Отметки о прохождении инструктажа

Практическая работа
Выбор и использование средств коллективной и индивидуальной защиты

Цель работы:

Научиться осуществлять выбор средств индивидуальной и коллективной защиты от различных вредных и опасных производственных факторов

1. Общие сведения

Обеспечение приоритета жизни и здоровья работников является первоочередным направлением государственной политики в области охраны труда. Оно реализуется, в частности, путем установления со стороны государства обязанности работодателя обеспечить применение спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты и средств коллективной защиты (ТК РФ, ст. 212).

Средства коллективной защиты - это средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Средства коллективной защиты подразделяются на средства нормализации воздушной среды и освещения производственных помещений и рабочих мест; и на средства для защиты от воздействия вредных и опасных производственных факторов.

К средствам коллективной защиты также относят: знаки безопасности, фотолюминесцентные эвакуационные системы, ленты и покрытия противоскользящие, средства дорожной безопасности, зеркала безопасности.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) – это спецодежда, спецобувь и другие средства, используемые работником для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения. Средства индивидуальной защиты применяются в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственных процессов, архитектурно-планировочными решениями и средствами коллективной защиты.

В зависимости от назначения спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты подразделяют на классы:

- спецодежда;
- спецобувь;
- средства защиты: рук, головы, лица, глаз, органов дыхания и слуха;
- от падения с высоты и др. предохранительные средства;
- дерматологические; комплексные.

Практическая работа

Анализ рисков. Оценка уровня травматизма, состояние производственного травматизма на производстве

Задача № 1

Задание: Проведите оценку уровня травматизма, заполните таблицу

Решение задачи:

Для оценки уровня травматизма вычисляют коэффициенты его частоты и тяжести, потери рабочего времени, а также рассчитывают материальные последствия от травматизма и заболеваемости.

Коэффициент частоты травматизма рассчитывается по формуле (1.1).

$$K_{\text{ч}} = \frac{T \cdot 100}{P} \quad (1.1)$$

где Т – количество несчастных случаев;

Р – среднее учетное количество рабочих, чел..

Коэффициент тяжести рассчитываем по формуле (2.2).

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{T - T_{\text{см}}} \quad (2.2)$$

где Д – количество дней нетрудоспособности;

Т – количество травм;

Т см – количество смертельных случаев.

Коэффициент потерь рабочего времени находим по формуле (3.3).

$$K_{\text{п}} = \frac{D \cdot 100}{P}, \quad (3.3)$$

Состояние производственного травматизма на производстве

Показатели	Обозначение	Годы		
		2015	2016	2017
Среднесписочная численность рабочих за год, чел	Р	172	178	182

Число несчастных случаев с потерей трудоспособности более 3-х дней	<i>T</i>	2	1	1
Число рабочих дней потерянных в связи с травматизмом по закрытым больничным листам с потерей более 3-х дней	<i>Д</i>	120	67	67
Коэффициент частоты травматизма	<i>K_ч</i>			
Коэффициент тяжести травматизма	<i>K_т</i>			
Коэффициент потери рабочего времени	<i>K_п</i>			

Практическая работа

Использование экобиозащитной техники: расчет аппаратуры для защиты атмосферного воздуха от промышленных загрязнений

1. Вид пыли: силикозоопасные пыли.

Дисперсный состав пыли: $\lg \sigma_m = 0,3$

$d_m = 7 \text{ мм}$

Количество очищаемого газа $Q = 2,2 \text{ м}^3/\text{с}$

2. Конический циклон СК-ЦН-34 = 1 шт

3. Внутренний диаметр циклона

$$D = [4Q / (\pi W_{\text{опт}})]^{1/2}$$

где Q – производительность циклона (количество очищаемого газа), $\text{м}^3/\text{с}$

$W_{\text{опт}}$ – оптимальная скорость газа в циклоне

$W_{\text{опт}} = 1,7 \text{ м/с}$

4. Действительная скорость газа в циклоне м/с

$$W = \frac{4Q}{\pi n D^2}$$

где n – число циклов

5. Диаметр частиц, улавливаемых с эффективностью 50%, мкм .

$$d_{50} = d_{50}^t [(D/0,6)(3,5/W)],$$

где d_{50}^t – диаметр частиц, улавливаемых с эффективностью 50% для типового циклона, = 1,95 мкм .

6. Параметр X :

$$X = [\lg(d_m/d_{50}^t)] / [(\lg \sigma) (\lg \sigma_m)]^{1/2}$$

где d_m и $\lg \sigma_m$ – дисперсный состав пыли

$\lg \sigma_m$ – дисперсный состав пыли для данного типа циклона,

7. Эффективность очистки газов в циклоне.

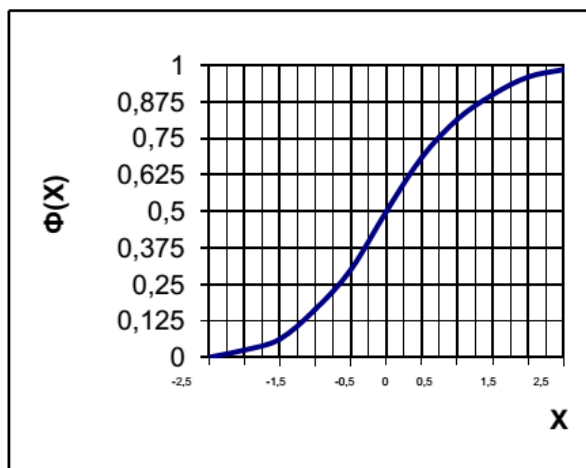


Рис. 2. Зависимость нормальной функции распределения $\Phi(X)$

значения нормальной функции распределения.

$$\eta = 0,5 [1 + \Phi(X)]$$

Лабораторная работа «Определение кислотности сточных вод»

7 часов

Цель работы: Получить представление о методе определения кислотности сточных вод в растворе (навеске) путем титриметрического (объемного) анализа.

Задачи работы: Изучить правила титрования с применением индикаторов.

Задание: Определить кислотность сточных вод в растворе (навеске) путем титриметрического (объемного) анализа.

Аппаратура, материалы, реактивы:

Химикаты: Сточная вода 10 мл., 0,1 н р-р NaOH, фенолфталеин. Оборудование: Установка для титрования (бюретка, штатив);

Химическая посуда: Колба коническая 250 мл, пипетка, химическая воронка, резиновая груша

Проведение анализа:

Собрать установку для титрования (*закрепить бюретку в штативе носиком вниз*).

1. Залить в бюретку раствор 0,1 н р-р NaOH до «0» отметки.

Раствор в бюретку заливают с помощью пипетки и груши. ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАБИРАТЬ РАСТВОР В ПИПЕТКУ РТОМ.

2. Отбирают 10 мл испытуемой воды. Добавляют 1 – 2 капли фенолфталеина.

3. Титруют 0,1 н р-ром NaOH до розового окрашивания неизчезающего в течение 1 мин.

Титрование происходит путем добавления раствора для титрования по каплям, перекрывая носик бюретки с помощью стеклянного краника, помешивая и выдерживая раствор по 20 секунд после каждой капли до появления стойкой розовой окраски.

Обработка результатов:

Кислотность равна

$0 \times 50 \text{ мг/л}$, где

0 – количество NaOH, пошедшего на титрование.

Например:

На титрование пошел 1 мл NaOH (определяется по градуировке на бюретке сверху вниз).

Значит кислотность равна $1 \times 50 \text{ мг/л} = 50 \text{ мг/л}$



**Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»**

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджсикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК

«Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ Исакова О.В.

Контрольно-оценочное средство по

МДК.01.03 Система охраны труда и промышленная экология

Форма контроля:

промежуточная
аттестация

Форма промежуточной аттестации: Дифференцированный
зачет

Тип контрольного задания: Устный ответ/тест

Проверяемые результаты обучения: У 1 -16, 3 23-26

Критерии оценки

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	1. дан полный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. ответ самостоятельный.
«Хорошо» - 4	1. дан правильный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, или некоторая неполнота ответа, шероховатость в изложении материала.
«Удовлетворительно» - 3	1. материал в основном изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки; 2. ответ неполный, построен несвязно, с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«Неудовлетворительно» - 2	ответ обнаруживает незнание или непонимание большей и наиболее существенной части учебного материала

Составитель:

Муравьева Е.Е.

преподаватель

Сыктывкар, 2019
Промышленная безопасность

1. Особенности обеспечения безопасных условий труда на производстве
2. Права и обязанности работников в области охраны труда
3. Особенности обеспечения безопасных условий труда на производстве
4. Виды и правила проведения инструктажей по охране труда
5. Нормативные документы по охране труда и здоровья
6. Основы профгигиены, профсанитарии и пожаробезопасности
7. Система мер по безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и снижению вредного воздействия на окружающую среду
8. Профилактические мероприятия по производственной санитарии
9. Правила и нормы личной и производственной санитарии, средства и методы повышения безопасности технических средств и технологических процессов.
10. Возможные опасные и вредные факторы и средства защиты
11. Действие токсичных веществ на организм человека, предельно допустимые концентрации (ПДК)
12. Средства индивидуальной защиты
13. Основные источники воздействия на окружающую среду
14. Принципы прогнозирования развития событий и оценки последствий при техногенных чрезвычайных ситуациях и стихийных явлениях
15. Прогнозирование развития событий и оценка последствий при техногенных ЧС и стихийных явлениях

16. Требования охраны труда при организации проведения работ (производственных процессов).
17. Требования охраны труда, предъявляемые к производственным помещениям
18. Требования охраны труда производственным площадкам, территории
19. Требования охраны труда предъявляемые к организации рабочих мест

Промышленная экология

1. Понятие экология?
2. Что такое природопользование?
3. Как подразделяются природные ресурсы?
4. Назовите основные проблемы экологии?
5. Что такое парниковый эффект?
6. Чем грозят «озоновые дыры»?
7. Что такое опустынивание и обезлесивание?
8. Что относится к отходам потребления?
9. Приведите примеры отходов производства?
10. Что такое рекультивация?
11. Объясните как происходит захоронение отходов?
12. Дайте определение загрязнению и загрязнителям.
13. Каковы последствия загрязнения?
14. Как можно контролировать загрязнения?
15. Какие вы знаете типы загрязнений окружающей среды?
16. В чем отличие между антропогенным загрязнением и естественным?
17. ПДК – в чем заключается?
18. Что является нормированной величиной загрязнения?
19. Величина, не оказывающая на человека и окружающую среду вредного воздействия.
20. Почему большую опасность для атмосферы представляют антропогенные загрязнения.
21. Назовите виды машиностроительного производства, оказывающие негативное воздействие на атмосферу.
22. Каковы особенности негативного влияния на атмосферу транспорта (автомобильного, воздушного, космического)?
23. Какое защитное значение имеет атмосфера для биосферы?
24. Перечислите естественные и искусственные загрязнения атмосферы?
25. Каковы важнейшие экологические последствия глобального загрязнения атмосферы?
26. Какие существуют стандарты по охране атмосферного воздуха?
27. Когда были установлены стандартные акты.
28. Дайте характеристику химическим и биологическим загрязнителям воды?
29. В чем сущность физического загрязнения воды и каковы его последствия?
30. Что такое экологический паспорт?
31. Как проводится экологическая экспертиза, что из себя представляет?
32. Что такое экологическая лицензия?
33. Экологический риск...
34. В чем заключается экологическое право?
35. то такое экологическая юридическая ответственность?
36. Что такое мониторинг?
37. Как подразделяется мониторинг?
38. В каком году введено понятие экологического мониторинга?

39. Россия в международном сотрудничестве?
40. Каковы пути попадания загрязнений в почву?
41. Перечислите основные группы почвенных загрязнений?
42. Дайте определение понятия «качество природной среды».
43. Каковы роль и значение экологического нормирования?
44. Что представляют собой ПДК, ПДВ, ПДН и другие экологические нормативы?

4. Шкала оценки образовательных достижений по МДК

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка уровня подготовки	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	<ol style="list-style-type: none"> 1. дан полный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан; 3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. ответ самостоятельный.
«Хорошо» - 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. дан правильный ответ на основе изученных теорий; 2. материал понят и осознан;

	3. материал изложен в определенной логической последовательности литературным языком; 4. допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, или некоторая неполнота ответа, шероховатость в изложении материала.
«Удовлетворительно» - 3	1. материал в основном изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки; 2. ответ неполный, построен несвязно, с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«Неудовлетворительно» - 2	ответ обнаруживает незнание или непонимание большей и наиболее существенной части учебного материала

4 Оценка по учебной и производственной практике

4.1. Общие положения

Целью оценки по учебной и (или) производственной практике является оценка:

- 1) профессиональных и общих компетенций;
- 2) практического опыта и умений.

4.2. Учебная практика

Контроль и оценка результатов освоения учебной практики осуществляется в процессе учебных занятий, самостоятельного выполнения обучающимися заданий, выполнения практических проверочных работ.

В результате освоения учебной практики в рамках освоения профессионального модуля, обучающиеся проходят промежуточную аттестацию в форме дифференцированного зачета. Результатом, которого является оценка. Промежуточная аттестация заносится в зачетную ведомость по учебной практике. Формой дифференцированного зачета является выполнение комплексного задания, состоящего из теоретической и практической частей.

4.2.1. Виды работ по учебной практике и проверяемые результаты обучения по профессиональному модулю

Виды работ	Коды проверяемых результатов		
	ПК	ОК	ПО, У
Сущность и назначение слесарной обработки деталей	ПК.1.1	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1
Контрольно-измерительный инструмент	ПК.1.1	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4
Основы измерения. Разметка заготовки	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08,	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6,

		ОК.09, ОК.10, ОК.11	У.7, У.8
Рубка и резка металла	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8
Правка и гибка металла	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8
Опиливание металла	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8
Термическая обработка заготовок деталей	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13
Сверление, зенкерование, зенкование и развертывание отверстий	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12
Нарезание резьбы	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12
Клепка (сборка)	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14
Шабрение и притирка	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14

Разъёмные и неразъёмные соединения деталей	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Резка и гибка труб	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13
Нарезание резьбы на трубах	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13
Соединение трубы на муфтах, фитингах	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Работа на токарных станках	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Работа на сверлильных станках	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Работа на фрезерных станках	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15,

			У.16
Работа на строгальных станках	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Сущность и назначение электромонтажных работ	ПК.1.1	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3
Основы электробезопасности	ПК.1.1	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2
Соединение и оконцевание проводов и кабелей	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Лужение	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Пайка и склеивание	ПК.1.1, ПК.1.2	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7
Монтаж и демонтаж разъемов, переключателей и блоков питания	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Монтаж электрических соединительных линий	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04,	ПО.1, ПО.2, ПО.3

		ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Монтаж защитного заземления	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Трассировка проводов и установка деталей	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Пайка разработанного устройства и испытание на работоспособность	ПК.1.1, ПК.1.2, ПК.1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16



**Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»**

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК

«Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ Исакова О.В.

Контрольно-оценочное средство по

УП 01. _____ Монтаж приборов и электрических схем систем автоматики

Форма промежуточной аттестации:

Дифференцированный зачет

Тип контрольного задания:

Комплексное задание

Проверяемые результаты обучения:

ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06,
ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11

ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3

ПО.01, ПО.02, ПО.03

У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10,
У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16

Критерии оценки

Тест

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	90 ÷ 100
«Хорошо» - 4	80 ÷ 89
«Удовлетворительно» - 3	70 ÷ 79
«Неудовлетворительно» - 2	менее 70

Практическое задание

Оцениваемые критерии	Оценка
1. Организация рабочего места	5
2. Соблюдение технологии выполнения работы	5
3. Умение пользоваться контрольно-измерительным инструментом	5
4. Качество выполнения работы	5
5. Соблюдение правил техники безопасности	5
ИТОГО	15

Оценка производится по пятибальной шкале:

- 3 балла выполнено в полном объеме (90-100%) без значительных ошибок;
- 2 балла выполнено частично (60-70%) допущены незначительные ошибки;
- 1 балл выполнено частично (50-40%) допущены незначительные ошибки;
- 0 баллов выполнено частично (менее 40 %) допущены значительные ошибки

Максимальное количество баллов 15.

Оценка	Критерии
«Отлично» - 5	13-15 баллов
«Хорошо» - 4	12-13 баллов
«Удовлетворительно» - 3	10-12 баллов
«Неудовлетворительно» - 2	0-10 баллов

Составитель:

Исакова О.В.

преподаватель дисциплин общепрофессионального и

Сыктывкар
2019

Задание 1.

Коды проверяемых результатов освоения:

ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3
ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11
ПО.01, ПО.02, ПО.03
3.1 – 27 У.1 - 16

Инструкция

Внимательно прочитайте задание.

Вы можете воспользоваться:

верстак со слесарными поворотными тисками, вертикально-сверлильный станок, очки защитные, ключ для сверлильного патрона, угломер, металлическая измерительная линейка, кронциркуль, чертилка, угольник стальной, стальная заготовка размером 62×92×3 мм, зубило, спиральные свёрла d 3мм и 6мм, молоток с квадратным бойком, личной и бархатный напильники, надфили.

Время выполнения задания: 120 мин.

Тест – 25 мин.

Практическое задание – 95 мин.

Текст тестового задания

Вопрос 1.

9 баллов

Назовите вид и маркировку измерительного инструмента, указанного на рисунке, выбрав правильный ответ из предложенных вариантов.

Варианты ответов:

I. штангенциркуль, ШЦ-1

II. микрометр, МК-1

III. угломер, УМ.

Установите соответствие всех составляющих устройства измерительного инструмента, обозначенных на рисунке цифрами, и их названиями, обозначенными буквами.

Рисунок измерительного инструмента	Наименование составляющих инструмента
	<p>А. губки для внутренних измерений Б. подвижная рамка В. губки для наружных измерений Г. шкала штанги Д. линейка глубиномера Е. штанга Ж. нониус З. винт для зажима рамки</p>

Вопрос 2.

4 балла

Вставьте пропущенные слова в предложение, выбрав правильный ответ из предложенных вариантов.

«Разметкой называется 1 нанесения на обрабатываемую заготовку 2, определяющих 3 будущей детали или места, 4».

Варианты ответов:

А. Разметочных линий;

В. Подлежащее обработке;

Б. Операция;

Г. Контуры.

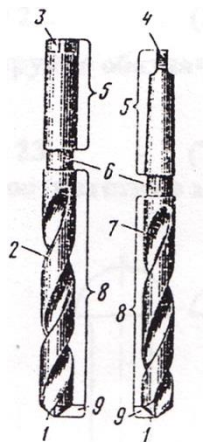
Вопрос 3.

5 баллов

Перечислите группы напильников по назначению.

Вопрос № 4.**9 баллов**

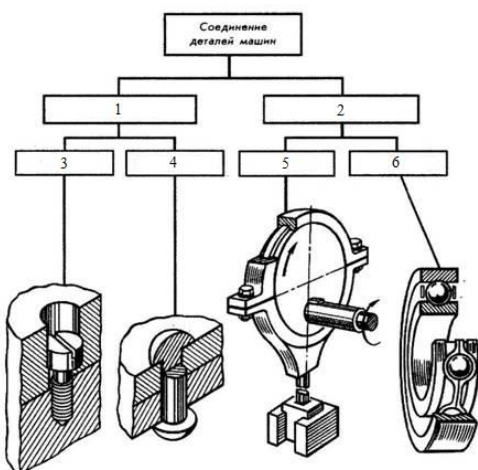
Определите элементы № 2, 4, 5, 6, 8, указанные на рисунке и дайте их название выбрав из предложенных вариантов ответов.

**Варианты ответов:**

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| А. Передний конус | Д. Лапка |
| Б. Ленточка | Е. Режущая часть |
| В. Хвостовая часть | Ж. Направляющая фаска |
| Г. Шейка | З. Рабочая часть |

Вопрос № 5.**6 баллов**

Определите виды соединений, указанных на схеме цифрами, выбрав ответ из предложенных вариантов.

**Варианты ответов:**

- | | |
|----------------|----------------|
| А. Подвижные | В. Разъёмные |
| Б. Неподвижные | Г. Неразъёмные |

Ключи к ответу:

№ вопроса	Ответ	
1	I; 1 – Е, 2 – Б, 3 – Г, 4 – А, 5 – В, 6 – Д, 7 – Ж, 8 – З.	9 баллов
2	1 - Б, 2 – А, 3 – Г, 4 – В.	4 балла
3	общего назначения; специального назначения; надфили; рашпили; машинные.	5 баллов
4	1 – Ж, 2 – Б, 3 – Д, 4 – Д, 5 – В, 6 – Г, 7 – Б, 8 – З, 9 – Е.	9 баллов
5	1 – Б, 2 – А, 3 – В, 4 – Г, 5 – В, 6 – Г.	6 баллов

Текст практического задания: «Изготовление шаблона для контроля заточки спиральных свёрл»

В качестве приложения к отчету по практике обучающийся оформляет графические, аудио-, фото-, видео-, материалы, наглядные образцы изделий, подтверждающие практический опыт, полученный на практике

4.3.1. Виды работ по производственной практике и проверяемые результаты обучения по профессиональному модулю

Виды работ	Коды проверяемых результатов		
	ПК	ОК	ПО, У
Ознакомление с предприятием (осмотр предприятия; знакомство со схемами энергоснабжения, знакомство с технологическими схемами).	ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Сбор и использование технико-экономической информации об установленном оборудовании и режимах его работы.	ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Выбор приборов и устройств для проведения испытания оборудования и отдельных систем.	ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Составление программы инструментального обследования объекта автоматизации.	ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Снятие технических параметров с приборов измерения и контроля,	ПК 1.1, ПК 1.2,	ОК.01, ОК.02,	ПО.1, ПО.2,

оборудования и отдельных систем.	ПК 1.3	ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Заполнение таблиц измерения.	ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16
Анализ и систематизация полученных данных, наладка приборов и оборудования.	ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3	ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11	ПО.1, ПО.2, ПО.3 У.1, У.2, У.3, У.4, У.5, У.6, У.7, У.8, У.9, У.10, У.11, У.12, У.13, У.14, У.15, У.16

5. Контрольно-оценочные материалы для экзамена (квалификационного)

5.1. Экзамен (квалификационный) предназначен для контроля и оценки результатов освоения профессионального модуля

ПМ.01 Монтаж приборов и электрических схем систем автоматики

основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) СПО по программе подготовки квалифицированных рабочих (служащих)

15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики

Экзамен проводится по завершению изучения программы профессионального модуля.

Экзамен представляет собой:

- комплексное задание, состоящее из теоретической и практической части.

Экзамен может проводиться на базовом предприятии, в мастерских и лабораториях техникума.

Итогом проверки освоения программы профессионального модуля является однозначное решение: «вид профессиональной деятельности «освоен, / не освоен».

При выставлении оценки учитывается роль оцениваемых показателей для выполнения вида профессиональной деятельности, освоение которого проверяется. При отрицательном заключении хотя бы по одному показателю оценки результата освоения профессиональных компетенций принимается решение «вид профессиональной деятельности не освоен».

Результаты освоения	Основные показатели оценки результата	Форма экзамена
<p>ПК 1.1.</p> <p>Осуществлять подготовку к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - обоснованный выбор инструментов и приспособлений для различных видов монтажа; - умение пользоваться конструкторскую, производственно-технологическую и нормативную документацию, необходимую для выполнения работ; - знание характеристик и областей применения электрических кабелей; - обоснованный выбор элементов микроэлектроники, знание их классификации, типов, характеристик и назначения, маркировки; - обоснованный выбор и применение коммутационных приборов, знание их классификации, область применения и принцип действия; - знание состава и назначения основных блоков систем автоматического управления и регулирования; - знание состава и назначения основных элементов систем автоматического управления; - применять методы расчета отдельных элементов регулирующих устройств; - обоснованно применять методы измерения качественных показателей работы систем автоматического управления и регулирования; - знание способов проверки работоспособности элементов волноводной техники; - выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа - пользоваться измерительными приборами и 	<p>Выполнение практического задания</p>

	диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различных степеней сложности.	
<p>ПК 1.2.</p> <p>Определять последовательность и оптимальные способы монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - знание принципиальных электрических схем и схем соединений, условных изображений и маркировки проводов; - знание особенностей схем промышленной автоматики, телемеханики, связи; - знание функциональных и структурных схем программируемых контроллеров; - знание основных принципов построения систем управления на базе микропроцессорной техники; способы макетирования схем; - уметь правильно оформлять сдаточную техническую документацию; - знание принципов установления режимов работы отдельных устройств, приборов и блоков, характеристику и назначение основных электромонтажных операций; - знание назначения и области применения пайки, лужения; виды соединения проводов, технологии процесса установки крепления и пайки радиоэлементов; - обоснованный выбор электрических проводов в зависимости от назначения; - уметь читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы; - уметь составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники; - рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств. 	Выполнение практического задания
<p>ПК 1.3.</p> <p>Производить монтаж приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с</p>	<ul style="list-style-type: none"> - знание технологии сборки блоков аппаратуры различных степеней сложности, конструкцию и размещение оборудования, назначение, способы монтажа различных приборов и систем автоматизации; - знание трубных проводов, их 	Выполнение практического задания

<p>заданием с соблюдением требований к качеству выполненных работ, требований охраны труда, бережливого производства и экологической безопасности</p>	<p>классификацию и назначение, технические требования к ним;</p> <ul style="list-style-type: none"> - знание общих требований к автоматическому управлению и регулированию производственных и технологических процессов; - применение норм и правил пожарной безопасности при проведении монтажных работ; - соблюдение требований безопасности труда и бережливого производства при производстве монтажа; - производить расшивку проводов и жгутование; - производить лужение, пайку проводов; сваривать провода; - производить электромонтажные работы с электрическими кабелями, - производить печатный монтаж; производить монтаж электрорадиоэлементов; - прокладывать электрические проводки в системах контроля и регулирования и производить их монтаж; - производить монтаж трубных проводок в системах контроля и регулирования; - производить монтаж щитов, пультов, статов; - оценивать качество результатов собственной деятельности. 	
<p>ОК.01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам</p>	<ul style="list-style-type: none"> - распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; - анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; - составить план действия, определить необходимые ресурсы; - владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; - реализовать составленный план; - оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника). 	<p>Экспертное наблюдение и оценка самостоятельности на практических занятиях при выполнении работ</p>

<p>ОК.02</p> <p>Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности</p>	<p>- использование различных источников, включая электронные источники информации</p>	<p>Экспертное наблюдение и оценка эффективности использования различных источников на занятиях</p>
<p>ОК.03</p> <p>Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие</p>	<p>- правильно выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы.</p>	<p>Экспертное наблюдение и оценка заполнения технологической карты</p>
<p>ОК.04</p> <p>Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами</p>	<p>- организовывать работу коллектива и команды с коллегами, руководством, клиентами</p>	<p>Экспертное наблюдение</p>
<p>ОК.05</p> <p>Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.</p>	<p>- заполнение технологической карты на учебной практике</p>	<p>Экспертное наблюдение и оценка заполнения технологической карты</p>
<p>ОК.06</p> <p>Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.</p>	<p>- организовывать работу коллектива и команды с коллегами, руководством, клиентами</p>	<p>Экспертное наблюдение</p>
<p>ОК.07</p>	<p>- описывать значимость своей профессии</p>	<p>Экспертное</p>

Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.	- презентовать структуру профессиональной деятельности по профессии (специальности)	наблюдение
ОК.08 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	- соблюдать нормы экологической безопасности - определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по профессии (специальности)	Экспертное наблюдение и оценка навыков использования информационной документации на занятиях
ОК.09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.	- применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач - использовать современное программное обеспечение	Экспертное наблюдение и оценка навыков использования информационно-коммуникационных технологий на занятиях
ОК.10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке	- понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности кратко обосновывать и объяснить свои действия (текущие и планируемые) писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы правила	Экспертное наблюдение и оценка навыков использования информационной документации на занятиях
ОК.11 Планировать	- выявлять достоинства и недостатки коммерческой идеи	Экспертное наблюдение и

предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере	<ul style="list-style-type: none"> - презентовать идеи открытия собственного дела в профессиональной деятельности - оформлять бизнес-план - рассчитывать размеры выплат по процентным ставкам кредитования 	оценка навыков
---	---	----------------



**Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Сыктывкарский лесопромышленный техникум»**

«Сыктывкарса вör промышленность техникум»
уджсикасö велöдан канму учреждение

РАССМОТРЕНО

на заседании МК

«Профессионального цикла»

Протокол № 1 от «30» августа 2019 г.

Председатель МК _____ Исакова О.В.

Контрольно-оценочное средство по

ПМ.01

**Монтаж приборов и электрических схем систем
автоматики**

Форма контроля:

промежуточная аттестация

**Форма промежуточной
аттестации:**

экзамен (квалификационный)

**Тип контрольного
задания:**

Комплексное задание

Проверяемые результаты обучения:

ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3
ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11
ПО.01, ПО.02, ПО.03
3.1 – 27 У.1 - 16

Составитель:

Исакова О.В.

преподаватель дисциплин общепрофессионального и
профессионального цикла

Сыктывкар
2019

I. ПАСПОРТ

КОС предназначен для контроля и оценки результатов освоения

ПМ.01 Монтаж приборов и электрических схем систем автоматики

основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) СПО по программе
подготовки квалифицированных рабочих (служащих)

15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики

II. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ЭКЗАМЕНУЮЩЕГОСЯ

Вариант №

Задание 1.

Коды проверяемых результатов освоения:

ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3
ОК.01, ОК.02, ОК.03, ОК.04, ОК.05, ОК.06, ОК.07, ОК.08, ОК.09, ОК.10, ОК.11
ПО.01, ПО.02, ПО.03
3.1 – 27 У.1 - 16

Инструкция

Внимательно прочитайте задание.

Вы можете воспользоваться: верстак со слесарными поворотными тисками,
металлическая измерительная линейка, штангенциркуль, оправка для навивки колец из

проволоки, стальные стержни диаметром 3 мм, ножовка по металлу, напильник личной плоский, молоток слесарный, наждачная бумага.

Время выполнения задания – 60 минут.

Текст задания:

«Изготовление стальных колец для крепления плакатов»

I. Внимательно прочитайте задание.

II. Составьте алгоритм изготовления стальных колец.

III. Выполните изготовление колец.

Ключи к ответу:

1. Отчистить заготовку (пруток) от слоя обмазки.
2. Закрепить в слесарных тисках оправку для навивки колец.
3. Закрепить прутки одним концом на оправке.
4. Навить прутки на оправку.
5. Снять заготовку с оправки и установить в слесарных тисках.
6. Разрезать заготовку, с одной стороны.
7. Провести правку формы получившихся колец.

III. ПАКЕТ ЭКЗАМЕНАТОРА

IIIа. УСЛОВИЯ

Количество вариантов заданий для экзаменуемых – 1

Время выполнения каждого задания и максимальное время на экзамен (квалификационный): 60 минут.

Задание 1 – 10 минут

Задание 2 – 50 минут

Всего на экзамен – 60 минут

Условия выполнения заданий:

Задание 1

1. Составьте алгоритм изготовления стальных колец.
2. Выполните изготовление колец.

Требования охраны труда: инструктаж по ТБ, спецодежда

Оборудование:

слесарный верстак, слесарные поворотные тиски, заготовки, режущий инструмент, измерительный инструмент.

Литература для экзаменуемого:

Учебники:

1. Покровский Б.С., Скакун В.А. Слесарное дело: учебник для нач. проф. образования. – Москва: издательский центр «Академия», 2003. 320с.
2. Покровский Б.С. Слесарно – сборочные работы: учебник для нач. проф. образования. – Москва: издательский центр «Академия», 2003. 368с.

IIIб. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

1) Ход выполнения задания 1

Коды проверяемых компетенций	Основные показатели оценки результата	Оценка (да/нет)
ОК.01	1.Распознавание сложных проблемных ситуаций в различных контекстах. 2.Проведение анализа сложных ситуаций при решении задач профессиональной деятельности. 3.Определение этапов решения задачи.	
ОК.02	1.Планирование информационного поиска из широкого набора источников, необходимого для выполнения профессиональных задач. 2.Проведение анализа полученной информации, выделяет в ней главные аспекты.	
ОК.03	1.Использовать монтажный инструмент и приспособления. 2.Применять безопасные приёмы выполнения монтажа. 3.Безопасно выполнять монтажные работы. 4.Производить оценку качества выполненной работы в соответствии с заданием.	
ОК.04	1.Участие в деловом общении для эффективного решения деловых задач. 2.Планирование профессиональной деятельности.	
ОК.05	1.Грамотно устно и письменно излагать свои мысли по профессиональной тематике на государственном языке. 2.Проявление толерантность в рабочем коллективе.	
ОК.06	1.Понимать значимость своей профессии.	
ОК.07	1.Соблюдение правил экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности.	
ОК.08	1.Сохранение и укрепление здоровья посредством использования средств физической культуры. 2.Поддержание уровня физической подготовленности для успешной реализации профессиональной деятельности.	
ОК.09	1.Применение средств информатизации и информационных технологий для реализации профессиональной деятельности.	
ОК.10	1.Ведение общения на профессиональные темы.	
ОК.11	1.Определение инвестиционную привлекательность коммерческих идей в рамках профессиональной деятельности.	

2) Подготовленный продукт/осуществленный процесс

Коды проверяемых компетенций	Основные показатели оценки результата	Оценка (да/нет)
ПК 1.1	1.Выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа. 2.Пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различных степеней сложности.	
ПК 1.2	1.Читать схемы соединений, принципиальные	

	<p>электрические схемы.</p> <p>2.Составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники.</p> <p>3.Рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств.</p>	
ПК 1.3	<p>1.Использовать монтажный инструмент и приспособления.</p> <p>2.Применять безопасные приёмы выполнения монтажа.</p> <p>3.Безопасно выполнять монтажные работы.</p> <p>4.Производить оценку качества выполненной работы в соответствии с заданием.</p> <p>5.Соблюдать нормы и правила охраны труда.</p>	

6. Перечень материалов, оборудования и информационных источников, используемых в аттестации по МДК

Литература:

1. Пухаренко Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Интернет тестирование базовых знаний: учебное пособие. – 2-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2017. – 308 с.
2. Данилин А.А. Измерения в радиоэлектронике: Учебное пособие. –СПб.: Лань, 2017. – 408 с.
3. Коновалов Б.И. Теория автоматического управления. Учебное пособие. – 4е. – СПб.: Лань, 2016. – 224 с.
4. Калинин А.В., Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике. Учебно-практическое пособие: Издание:2-е (Э/Р). 2016
5. Белоусов О.А. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2017. – 176 с.
6. Пухаренко Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Интернет тестирование базовых знаний: учебное пособие. – 2-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2017. – 308 с.2. Справочник Слесаря : Учебное пособие для НПО/Покровский Б.С.-М.: Академия 2003.-384 с.
7. Росовский В.Э., Г.И. Котов Ремонт измерительных электро приборов 1980.-96 с.
8. А.И. Трофимов Справочник слесаря КИПиА-МЭнергоатамиздат,1986.-256с.
9. Жарковский Б.И. Шапкин В.В. Справочник молодого слесаря по контрольно – измерительным приборам и автоматике: М выш.шк.1991-156
10. Жарковский Б. И. Приборы автоматического контроля и регулирования (Устройство и ремонт: Учебник для ПТУ. -3-е издание. перераб. и доп. -М.: Высшая школа. 1989.-336 с.
11. Голицын А.Н. Основы промышленной экологии. Учебник для НПО. Москва: Академия, 2005. - 240с
12. Медведев В.Т. Охрана труда и промышленная экология: учеб. для сред. проф. обр. – М.: «Академия», 2006.-416 с.
13. Медведев В.Т. Охрана труда и промышленная экология: учеб. для студ. учреждений. сред. проф. обр. – М.: «Академия», 2015.-416 с.
14. Петров М.С. Основы производства. Охрана труда: Учеб. пособие для. студ. высш. учеб. заведений - М.: - «Академия», 2007.-208 с.

Оборудование:

Мультимедийный проектор -1
Компьютер -1
Распашная магнитная доска - 1
Сетевой фильтр – 1
Экспозиционный экран – 1

Столы лабораторные – 12
Лабораторный стенд «Пневмоавтоматика» - 1
Лабораторный стенд «Методы измерения давления» - 1
Лабораторный стенд «Методы измерения температуры» - 1
Магнитный расходомер – 1
Комплект электромонтажного инструмента – 13
Паяльники 220В – 13
Микрометр МК – 2 – 1
Стол слесарный – 30
Сверлильный станок - 3
Станок заточной - 1
Спотер - 1
Плазменный резак – 1
Инструменты:
Паяльник -12
Линейка -12
Чертилка -3
Штангенциркуль -9
Ножовка по металлу- 12
Молоток - 10
Зубило - 12
Ножницы по металлу - 6

Материалы:

Листовой металл 4мм
Заготовки диаметром 10-50 мм
Шестигранники 12-36 мм
Провод АПВ
Припой ПОС-61
Канифоль СФ
Кислота паяльная

Лист согласования

Дополнения и изменения к комплекту КОС на учебный год

Дополнения и изменения к комплекту КОС на 2018 – 2019 учебный год по профессиональному модулю

ПМ.01. Монтаж приборов и электрических схем систем автоматики

В комплект КОС внесены следующие изменения:

Дополнения и изменения в комплекте КОС обсуждены на заседании МК

«____» _____ 20__ г. (протокол №____)

Председатель МК _____ Исакова О.В.