

Филиал Государственного бюджетного профессионального
образовательного учреждения Иркутской области «Иркутский колледж
автомобильного транспорта и дорожного строительства» в поселке Улькан

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПМ.01. Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем
автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической
безопасности**

по программе подготовки квалифицированных рабочих и служащих
15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики

2020 г.

В предлагаемом пособии представлены методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ по программе профессионального модуля ПМ.01 «Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической безопасности» на основе: примерной программы профессионального модуля «Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической безопасности» и ФГОС СПО по профессии 15.01.31 Мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики

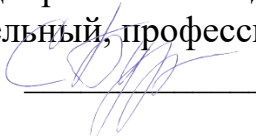
Организация-разработчик:

Филиал Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения Иркутской области «Иркутский колледж автомобильного транспорта и дорожного строительства» в поселке Улькан

Составитель:

Пеннер Алексей Георгиевич преподаватель.

Рассмотрены и одобрены на заседании методической комиссии
«Общеобразовательный, профессиональный цикл»

Руководитель МК  Бурлакова С.С.

Введение

Цель изучения профессионального модуля ПМ.01 Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической безопасности – дать обучающимся теоретические знания, практические навыки и умения в области организации деятельности производственного подразделения.

В результате изучения профессионального модуля студент должен освоить основной вид деятельности "Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической безопасности" и соответствующие ему общие компетенции и профессиональные компетенции:

Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК 01.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
ОК 02.	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 03.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 04.	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 05.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 06.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
ОК 07.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08.	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09.	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 10.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
ОК 11.	Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
ВД 1	Выполнение монтажа приборов и электрических схем систем автоматики в соответствии с требованиями охраны труда и экологической безопасности
ПК 1.1.	Осуществлять подготовку к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа.
ПК 1.2.	Определять последовательность и оптимальные способы монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации.
ПК 1.3.	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.

В результате освоения профессионального модуля студент должен:

Иметь практический опыт	Подготовка к использованию инструмента, оборудования и приспособлений в соответствии с заданием в зависимости от видов монтажа. Определение последовательности и оптимальных схем монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием и требованиями технической документации. Проведение монтажа приборов и электрических схем различных систем автоматики в соответствии с заданием с соблюдением требования к качеству выполненных работ.
Уметь	Выбирать и заготавливать провода различных марок в зависимости от видов монтажа. Пользоваться измерительными приборами и диагностической аппаратурой для монтажа приборов и систем автоматики различных степеней сложности. Читать схемы соединений, принципиальные электрические схемы. Составлять различные схемы соединений с использованием элементов микроэлектроники. Рассчитывать отдельные элементы регулирующих устройств. 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, стативов. Оценивать качество результатов собственной деятельности. Оформлять сдаточную документацию.
Знать	Инструменты и приспособления для различных видов монтажа. Конструкторская, производственно-технологическую и нормативная документация, необходимую для выполнения работ. Характеристики и области применения электрических кабелей. Элементы микроэлектроники, их классификация, типы, характеристики и назначение, маркировка. Коммутационные приборы, их классификация, область применения и принцип действия. Состав и назначение основных блоков систем автоматического управления и регулирования. Электрические схемы и схемы соединений, условные изображения и маркировку проводов. Особенности схем промышленной автоматики, телемеханики, связи. Функциональные и структурные схемы программируемых контроллеров. Основные принципы построения систем управления на базе

	микропроцессорной техники. Способы макетирования схем. Последовательность и требуемые характеристики сдачи выполненных работ. Правила оформления сдаточной технической документации. Принципы установления режимов работы отдельных устройств, приборов и блоков. Характеристика и назначение основных электромонтажных операций. Назначение и области применения пайки, лужения. Виды соединения проводов. Технологию процесса установки крепления и пайки радиоэлементов. Классификацию электрических проводок, их назначение. Технологию сборки блоков аппаратуры различных степеней сложности. Конструкцию и размещение оборудования, назначение, способы монтажа различных приборов и систем автоматизации. Трубные проводки, их классификацию и назначение, технические требования к ним. Общие требования к автоматическому управлению и регулированию производственных и технологических процессов.
--	--

Основная задача практических занятий — научить обучающихся, самостоятельно использовать полученные знания в решении практических задач, составлять алгоритм действий в типовых и нетиповых ситуациях, выбирать материалы для профессиональной деятельности, определять их основные свойства по маркам. Основными формами организации учебного процесса по профессиональному модулю являются: самостоятельные работы, внеаудиторная самостоятельная работа, деловые игры, практические работы.

Итоговая аттестация по междисциплинарным курсам профессионального модуля в соответствии с учебным планом предусмотрена в форме дифференцированного зачета.

Выполнение практических работ призвано способствовать развитию у обучающихся аналитического мышления, умения самостоятельно работать с нормативными документами, ГОСТами, ОСТами, систематизации полученных знаний.

Правила выполнения практических и лабораторных работ

1. Обучающийся должен прийти на практическое занятие теоретически подготовленным к выполнению практической и лабораторной работы, иметь в наличии конспект, ручку.
2. При подготовке к занятиям обучающийся должен руководствоваться списком литературы, указанном в данных методических рекомендациях.
3. Перед выполнением задания обучающийся должен изучить краткие теоретические сведения, содержащиеся в практической и лабораторной работе, и ознакомиться с заданием и этапами работы.
4. Таблицы, рисунки должны выполняться аккуратно с помощью чертежных инструментов (линейки, циркуля) карандашом .
5. Расчеты проводятся на листах отчета.
6. Пользование справочной литературой, конспектами, учебниками разрешается только по согласованию с преподавателем.
7. Ответы на контрольные вопросы представляются в форме, определенной преподавателем.
8. По окончании времени, предусмотренного на выполнение работы, обучающихся сдает отчет преподавателю.

9. В случае не выполнения обучающимся практической и лабораторной работы (отсутствие, недобросовестное отношение), работа выполняется во внеурочное время, согласованное с преподавателем.

10. К сдаче дифференцированного зачета по дисциплине обучающийся допускается при условии выполнения всех предусмотренных программой практических и лабораторных работ и сдачи отчетов по ним.

Перечень лабораторных и практических работ

Технология слесарных и слесарно-сборочных работ

Практическая работа № 1. «Проведение измерения с использованием различного измерительного инструмента»

Практическая работа № 2. «Опиливание плоской поверхности металла»

Практическая работа № 3. «Резка и Рубка металла»

Практическая работа № 4. «Правка и гибка пруткового материала»

Практическая работа № 5. «Разметка плоскостная на произвольные детали»

Практическая работа № 6. «Сверление отверстий большого и малого диаметра в различных материалах. Опиливание фигурных отверстий».

Практическая работа № 7. «Опиливание сложных криволинейных плоскостей»

Практическая работа № 8. «Нарезание наружной. Опиливание фасок»

Практическая работа № 9. «Нарезание внутренней резьбы. Опиливание радиусов»

Практическая работа № 10. «Клепка плоских поверхностей»

Практическая работа № 11. «Опиливание, доводка плоскостей под заданную шероховатость»

Практическая работа № 12. «Полирование поверхности».

Практическая работа № 13. Опиливание плоских и фигурных плоскостей детали «молоток». Разметка детали «молоток».

Сверление отверстий в детали «молоток». Полировка детали «молоток».

Практическая работа № 14. Опиливание плоских и фигурных плоскостей детали «гаечный ключ». Разметка детали «гаечный ключ».

Сверление отверстий в детали «гаечный ключ». Полировка детали «гаечный ключ».

Средства автоматизации и измерения технологического процесса

Лабораторная работа №1 "Исследование элементов релейно-контактной аппаратуры "

Лабораторная работа №2 "Исследование схемы управления исполнительным механизмом "

Лабораторная работа №3 "Устройство и принцип действия пневматического регулятора "

Лабораторная работа №4 "Изучение работы системы управления на базе ПЛК "

Лабораторная работа №5 "Изучение аппаратных и программных средств систем управления логическими контроллерами и сопрягаемыми с ними средствами автоматизации "

Лабораторная работа №6 "Исследование совместной работы приводного, информационного и управляющего оборудования мехатронной системы "

Тема Средства измерений

Лабораторная работа №1 "Снятие динамических характеристик терморезистивного преобразователя (ручной режим измерений)".

Лабораторная работа №2 "Снятие динамических характеристик терморезистивного преобразователя (автоматический режим измерений)".

Лабораторная работа №3 "Снятие статических характеристик и изучение принципа работы датчика температуры: термопара".

Лабораторная работа №4 "Снятие статических характеристик и изучение принципа работы датчика температуры: бесконтактный пирометр".

Лабораторная работа №5 "Исследование датчиков тока и напряжения".

Тема Технологические процессы

Лабораторная работа №6 "Определение расхода, скорости движения жидкости, гидростатического давления".

Тема Стандартизация, сертификация и метрология.

Лабораторная работа №1 "Выбор метода и вида измерений".

Лабораторная работа №2 "Выявление и исключение погрешностей. Решение задач на погрешность".

Лабораторная работа №3 "Построение графика зависимостей абсолютной, относительной и приведенной погрешностей".

Лабораторная работа №4 "Измерение ступенчатого вала штангенциркулем и микрометром".

Лабораторная работа №5 "Измерение деталей микрометрическим инструментом".

Лабораторная работа №6 "Измерение основных параметров наружной резьбы".

Лабораторная работа №7 "Измерение калибр-пробки".

Лабораторная работа №8 "Изучение определения шероховатости поверхности".

Лабораторная работа №9 "Изучение причин инструментальной погрешности манометров".

Лабораторная работа №10 "Снятие метрологических характеристик при испытании датчика температуры: термопара".

Лабораторная работа №11 "Снятие метрологических характеристик при измерении расхода газа с помощью: ротаметра".

Лабораторная работа №12 "Снятие метрологических характеристик при испытании датчиков тока и напряжения".

Лабораторная работа №13 "Снятие метрологических характеристик при измерении давления газа с помощью дифференциального манометра".

МДК.01.02.Монтаж средств автоматизации

Тема Монтаж средств автоматики и средств измерения

Лабораторная работа № 1 "Выбор и заготовка проводов различных марок в зависимости от видов монтажа "

Лабораторная работа № 2 "Диагностическое оборудование для монтажа "

Лабораторная работа № 3 "Составление схем соединений и принципиальных электрических схем "

Лабораторная работа № 4 "Расчет элементов регулирующих устройств "

Лабораторная работа № 5 "Порядок проведения расшивки проводов и жгутирования "

Лабораторная работа № 6 "Порядок пайки, лужения проводов "

Лабораторная работа № 7 "Порядок сварки проводов "

Лабораторная работа № 8 "Установка и монтаж приборов на щитах".

Лабораторная работа № 9 "Установка и монтаж приборов на пультах".

Лабораторная работа № 10 "Монтаж кабельных каналов".

Лабораторная работа № 11 "Монтаж кабельных лотков".

Лабораторная работа № 12 "Монтаж трубных проводок систем автоматизации".

Лабораторная работа № 13 "Монтаж трубных проводок в системах контроля".

Лабораторная работа № 14 "Монтаж трубных проводок в системах регулирования".

Лабораторная работа № 15 "Маркировка кабеля и кабельных жил".

Лабораторная работа № 16 "Проверка работоспособности кабеля".

Лабораторная работа № 17 "Монтаж электрических проводок систем автоматизации".

Лабораторная работа № 18 "Монтаж электрических проводок в системах контроля".

Лабораторная работа № 19 "Монтаж электрических проводок в системах регулирования".

Лабораторная работа № 20 "Монтаж приборов для измерения и регулирования температуры –термометров сопротивления (термопар)".

Лабораторная работа № 21 "Монтаж приборов для измерения и регулирования температуры – термопреобразователей сопротивления, пирометров".

Лабораторная работа № 22 "Монтаж приборов для измерения давления– манометров".

Лабораторная работа № 23 "Монтаж приборов для измерения давления– вакуумметров".

Лабораторная работа № 24 "Монтаж приборов для измерения давления – дифманометров".

Лабораторная работа № 25 "Монтаж приборов для измерения давления – электроконтактных манометров".

Лабораторная работа № 26 "Монтаж приборов для измерения расхода – ротаметров".

Лабораторная работа № 27 "Монтаж приборов для измерения расхода – электромагнитных индукционных расходомеров".

Лабораторная работа № 28 "Монтаж приборов для измерения расхода – расходомеров переменного перепада давления".

Лабораторная работа № 29 "Монтаж приборов для измерения и регулирования уровня-буйковых, уровнемеров".

Лабораторная работа № 30 "Монтаж приборов для измерения и регулирования уровня- пьезометрических и емкостных уровнемеров".

МДК. 01.03 Система охраны труда и промышленная экология

Тема Промышленная безопасность.

Практическая работа № 1 "Средства индивидуальной защиты органов дыхания".

Практическая работа № 2 "Первичные средства пожаротушения".

Практическая работа № 3 "Определение параметров микроклимата в учебном помещении".

Практическая работа № 4 "Расследование, учет несчастных случаев на производстве".

Практическая работа № 5 "Оформление акта по форме Н-1".

Практическая работа № 6 "Приемы оказания первой помощи при поражении электрическим током".

Практическая работа № 7 "Приемы оказания первой помощи: искусственное дыхание, массаж сердца, кровотечение, ушибы, растяжения, переломы".

Практическая работа № 8 "Приемы оказания первой помощи: термические и химические ожоги".

Практическое занятие № 1

Тема: Измерение геометрических размеров.

Цель работы: Познакомиться с современным рядом измерительных инструментов (**калибры**, **штангенинструменты**, **микрометры**), используемых в приборостроении для измерения и контроля геометрических размеров деталей; получить практические навыки работы с данными инструментами.

Время: 2 часа.

Оборудование, применяемые приборы и инструмент

При выполнении работы используются:

- меры длины концевые плоскопараллельные (набор № 1 кл.1 ГОСТ 13762-80);
- штангенциркули с точностью отсчета 0,1; 0,05 мм; цифровой штангенциркуль
- штангенрейсмас;
- штангенглубиномеры;
- калибры гладкие;
- калибры предельные;
- плиты поверочные 400×400 и 630×400 (ГОСТ 10905-75).

Общие сведения

1. Методы измерения

Для обеспечения высокого качества изделий необходимо, чтобы все параметры деталей (размеры, предельные отклонения форм, расположения поверхностей и др.) были выполнены с заданной точностью.

В технике эти параметры проверяют двумя способами - измерением и контролем.

Измерением называют нахождение физической величины (длины, массы, электрического сопротивления и т.д.) с помощью специальных технических средств.

При контроле обычно не находят действительные величины, а устанавливают, что они находятся в заданных пределах.

Измерения могут быть прямыми и косвенными. При прямом измерении величину находят непосредственно, например угол при измерении - угломером, длину - линейкой. При косвенном измерении величину находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (например, находят угол по измеренным длинам катета и гипотенузы). Косвенные измерения в некоторых случаях позволяют получить более точные результаты, чем прямые.

Применяют различные методы измерений. Методом непосредственной оценки (абсолютное измерение) определяют измеряемую величину непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. Например, определение диаметра вала микрометром, штангенциркулем.

Метод сравнения с мерой (относительное измерение) заключается в сравнении измеряемой величины с известной. При относительных измерениях определяемую величину сравнивают известной мерой, или эталоном.

Например, таким методом можно определить высоту H детали. Вначале на измерительный столик 1 (рис. 1, а) устанавливают блок концевых мер 4 или эталон, имеющие известный размер h .

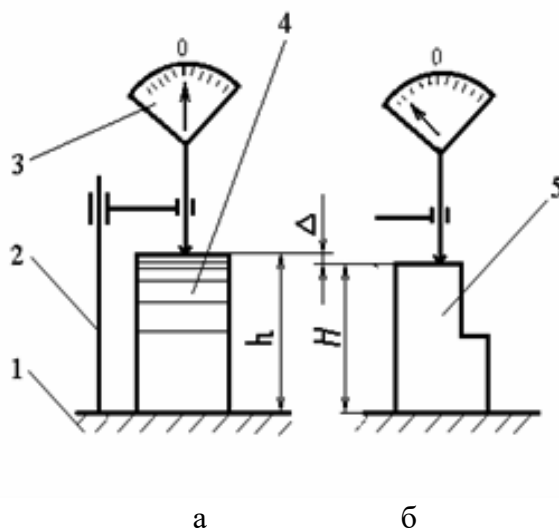


Рис.1. Пример относительного измерения: а - настройка по эталону; б – измерение размеров деталей

2. Плоскопараллельные концевые меры длины

Наиболее точным средством измерения длины в машиностроении являются плоскопараллельные концевые меры длины - плитки. Их применяют для проверки точности измерительных приборов и инструментов, установки приборов на нуль отсчета, непосредственных измерений и т.д. Концевые меры длины представляют собой набор прямоугольных брусков из твердого сплава с различными размерами L (рис. 1, а), у которых две противоположные измерительные грани строго параллельны.

Точно выполненные поверхности брусков обладают способностью притираться (сцепляться) силами молекулярного притяжения, что позволяет собирать их в блоки разных размеров. Притираемость и высокая точность - свойство концевых мер, определяющий их ценность как измерительных средств.

Меры по точности изготовления делят на четыре класса: 0, 1, 2 и 3-й. Для мер, находящихся в эксплуатации, предусмотрены дополнительно 4-й и 5-й классы. В зависимости от предельной погрешности аттестации размеров мер их делят на пять разрядов: с 1-го по 5-й. В аттестате указывают номинальный размер концевой меры, отклонение от номинального размера в микрометрах и разряд, к

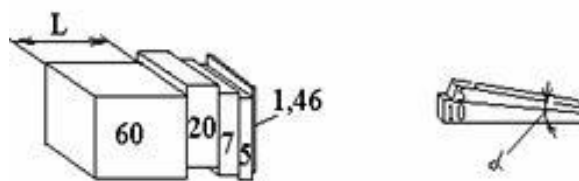


Рис. 2 Набор плиток и угловых мер

которому отнесен поверяемый набор мер. При пользовании аттестованными мерами за размер каждой из них принимают действительный размер, указанный в аттестате. В этом случае отклонения размера мер не будут влиять на точность измерения независимо от их принадлежности к тому или иному классу точности. Применение мер по разрядам с учетом их действительных размеров позволяет производить более точные измерения. По аналогии с концевыми мерами длины созданы угловые меры (рис. 2).

3. Штанген инструменты

К распространенным средствам измерения относятся различные штангенинструменты: штангенциркули (рис.3,а), штангенглубиномеры и штангенрейсмасы.

Основной частью штангенинструмента является штанга 6, на которую нанесена основная шкала с ценой деления 1 мм.

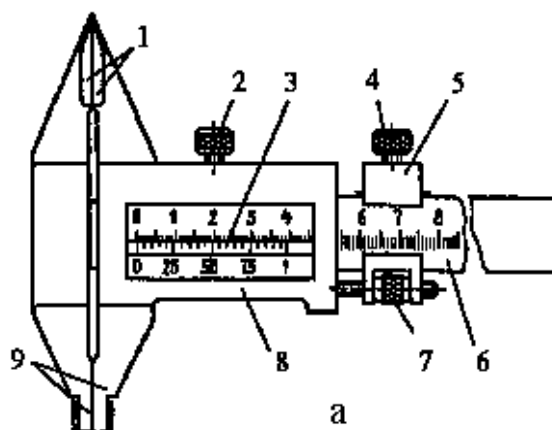


Рис. 3. Штангенциркуль:

а - устройство инструмента;

б - правильный прием измерения (подвижная губка движется микровинтом);

в - неправильный прием (подвижная губка захвачена рукой)

По штанге перемещается рамка 8 с вспомогательной шкалой - нониусом 3, который служит для отсчета долей миллиметра. Отсчет целым миллиметром производится по шкале штанги, десятых долей миллиметра - по совпадению одного из штрихов на нониусе со штрихом на основной шкале. Губки 1 служат для наружных измерений, губки 9 - для внутренних.

Штангенинструменты выпускают с точностью отсчета 0,1; 0,05 и 0,025 мм. Штангенинструмент с точностью отсчета 0,05 и 0,025 мм изготавливают с микрометрической подачей для более удобной установки рамки при измерениях. Вспомогательная рамка 5 закрепляется винтом 4. При измерении рамку 8 плавно перемещают вращением гайки 7, ослабив винт 2 (рис. 3, б). Не следует при измерении сжимать детали, захватывая рукой основную рамку (рис. 3, в).

Отсчет размера по нониусу утомителен. В настоящее время выпускаются *штангенциркули* со стрелкой на круговой шкале (рис. 4) и с цифровой индикацией (рис.5). У этих приборов закрепляют на штанге рейку, а на рамке - зубчатое колесо, которое поворачивается вместе со стрелкой.



Рис.4 Штангенциркуль со стрелкой на круговой шкале

В штангенциркулях с цифровой индикацией зубчатое колесо связано с круговым фотоэлектрическим преобразователем, который выдает 1000 импульсов за один оборот колеса. Импульсы регистрируются на световом табло штангенциркуля.



Рис. 5 Штангенциркуль с цифровой индикацией

Штангенрейсмас (рис. 6, а) применяется для измерения высоты детали на плите и для разметочных работ. При его использовании рамку на деталь следует надвигать сверху, чтобы избежать ошибок при измерении (рис. 6, б).

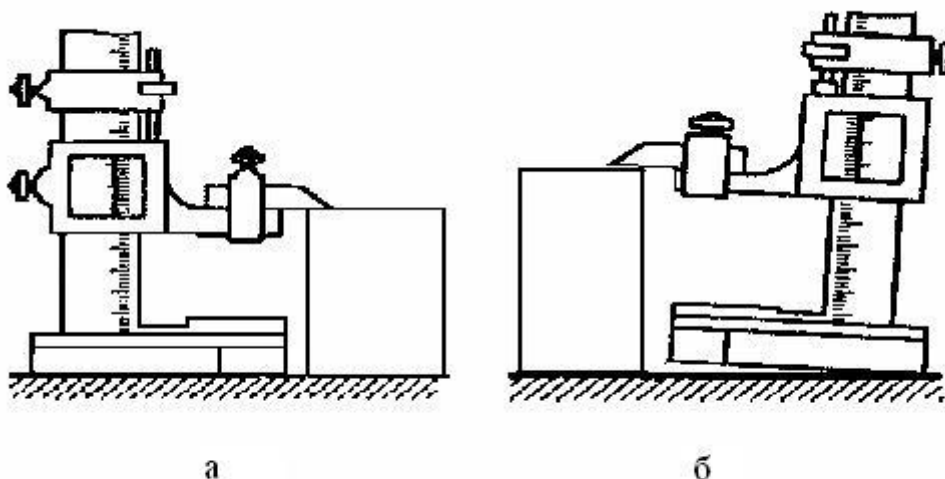


Рис.6. Штангенрейсмас установлен при измерении:
а – правильно, б - неправильно

Штангенглубиномер (рис. 7, а) используют для измерения глубин отверстий, пазов и высоту уступов. Сначала на дно паза или нижнюю поверхность уступа следует плотно установить штангу 1 инструмента, затем плавно без больших усилий подводить рамку 2. Это позволяет избежать перекосов (рис.7, б) при измерениях.

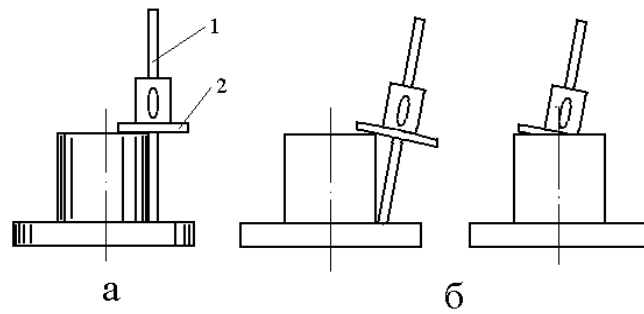


Рис.7. Штангенглубиномер установлен при измерении:
а - правильно, б - с перекосом

4 . Микрометрические инструменты

К микрометрическим измерительным средствам относят микрометры (рис. 8, а) для наружных измерений, глубиномеры (рис. 8, б) и бнутромеры (рис. 8, в), которые основаны на использовании микрометрической пары - винта и гайки, изготовленных с высокой точностью.

Винт связан с барабаном 6, при повороте которого на один оборот измерительный стержень 3 перемещается на шаг резьбы - 0,5 или 1 мм. Для отсчета этого перемещения на стебле 5 имеется вдоль оси шкала с делениями через 0,5 мм. Для удобства отсчета выпускаются микрометры с цифровым отсчетом результата измерений (рис. 8, г).

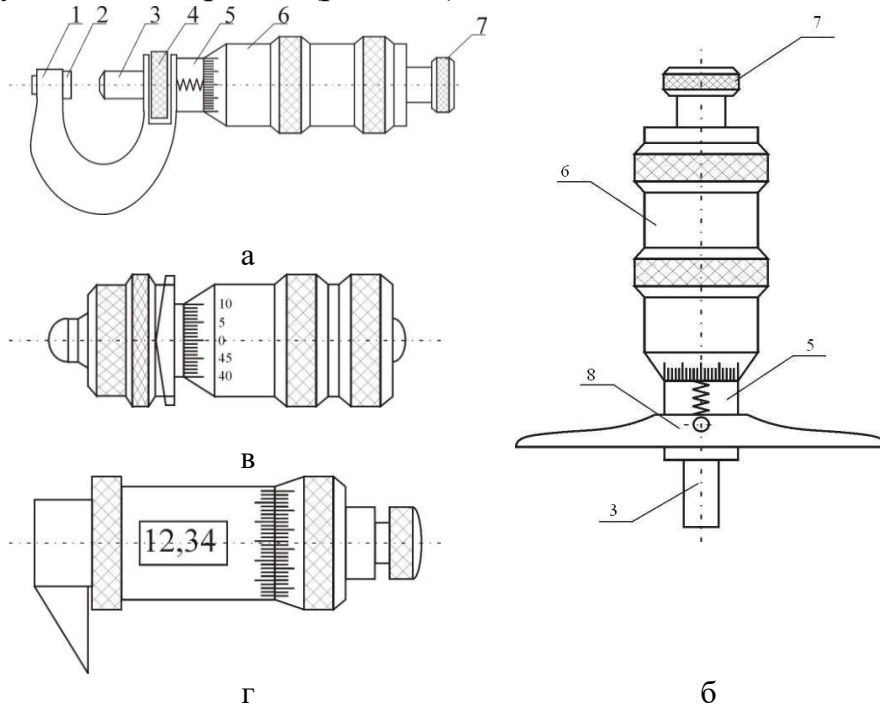


Рис. 8. Микрометрические инструменты:
а - микрометр, б - глубиномер, в- нутромер, цифровое
табло на барабане микрометра; 1 - скоба, 2 - пятка, 3 -
измерительный стержень, 4 - стопор, 5 - стебель, 6 -
барабан, 7 - трещотка, 8 – основание

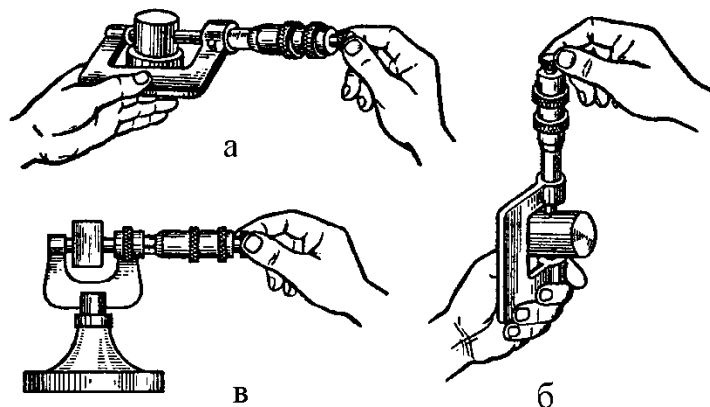


Рис.9.Измерение микрометром при горизонтальном положении (а), при вертикальном положении (б) и закрепленном в стойке (в) наконечник, соединенный рычажно-зубчатым механизмом со шкалой отсчетного устройства с ценой деления 0,002 мм.

Допускаемая погрешность микрометров 1-го класса точности составляет ± 4 мкм для диапазона измерений 0-100 мм. Для размеров 0-25 мм выпускают также микрометры класса точности 0с погрешностью ± 2 мкм. Микрометрические нутромеры и глубиномеры также снабжены микрометрическими головками. Они служат для измерения соответственно внутренних размеров и глубины (для размеров уступов).

Трещотка микрометра создает постоянство измерительного усилия, что необходимо для точных измерений. При горизонтальном расположении оси микрометра сбоку держат за ее середину левой рукой (рис.9, а), а правой рукой, вращая барабан за трещотку, доводят измерительный стержень до соприкосновения с деталью. Если необходимо установить микрометр в вертикальное положение (рис. 9, б), то его левой рукой поддерживают за низ скобы у пятки. Для повышения точности и удобства проведения измерений мелких деталей микрометры закрепляют в специальных стойках (рис. 9, в).

Повышенную точность измерений обеспечивают рычажные микрометры, которые в отличие от гладких микрометров вместо неподвижно запрессованной пятки имеют подвижный измерительный

5. Контроль поверочными инструментами

Деталь в процессе изготовления необходимо контролировать. Различают два основных вида контроля:

- при помощи поверочных инструментов;
- при помощи универсального измерительного инструмента.

К поверочным инструментам относятся поверочные линейки и плиты, угольники, шаблоны, шупы, различные калибры. В отличие от измерительных поверочные инструменты указывают только на отклонения в размерах и форме деталей, но не показывают значение этих отклонений.

Для контроля прямолинейности, плоскостности и взаимного расположения поверхностей применяют поверочные линейки и плиты.

Поверочные линейки выполняются двух основных типов: лекальные и линейки с широкими рабочими поверхностями.

Проверка прямолинейности поверхности деталей лекальными линейками производится, как правило, по способу «световой щели» («на просвет»). При этом лекальную линейку накладывают острой кромкой на Проверяемую поверхность, а источник света помещают за деталью. Линейку держат строго вертикально на уровне глаз. Наблюдая за просветом между линейкой и поверхностью детали в разных местах по длине линейки, определяют степень прямолинейности поверхности: чем больше просвет, тем больше отклонение от прямолинейности.

Проверка прямолинейности и плоскостности линейками с широкими рабочими поверхностями выполняется обычно способом «пятен» — «на краску». При проверке «на краску» рабочую поверхность линейки покрывают тонким слоем краски (суриком, сажей), затем осторожно накладывают линейку на проверяемую поверхность и плавно, без нажима перемещают ее. После этого линейку также осторожно снимают и по расположению и количеству пятен краски на проверяемой поверхности судят о ее плоскостности. При хорошей плоскостности пятна краски располагаются равномерно по всей поверхности. Чем больше пятен на поверхности квадрата 25X25 мм, тем лучше плоскостность.

Поверочные плиты применяют главным образом для проверки больших поверхностей деталей способом «на краску», а также используют в качестве вспомогательных приспособлений при контроле деталей. Проверка плоскостности поверхностей деталей «на краску» при помощи поверочных плит производится так же, как и линейками с широкими рабочими поверхностями.

Для контроля наружных и внутренних прямых углов деталей при их изготовлении широко применяются поверочные угольники. Они выпускаются трех классов точности: 0, 1, 2. Наиболее точные — угольники класса 0.

При проверке наружных прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью, а при проверке внутренних углов — наружной частью. Приложив угольник к одной стороне проверяемого угла, совмещают его вторую сторону с другой стороной угольника. По просвету между сторонами угольника и проверяемого угла судят о точности этого угла.

Для проверки сложных профилей поверхностей обрабатываемых деталей используют шаблоны. Они могут иметь самую разнообразную форму, которая зависит от формы контролируемой поверхности детали. Проверка производится уже известными способами: «на просвет» или «на краску». Более широкое применение получил первый способ. Проверка «на краску» обычно производится в том случае, если нельзя проверить «на просвет», например при контроле выемок, глухих мест и т.д.

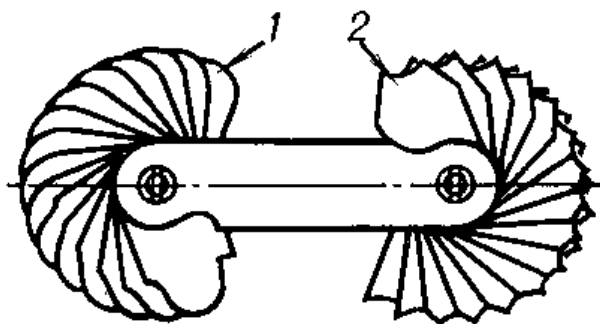


Рис.10. Набор радиусных шаблонов: 1 — выпуклых; 2 — вогнутых.

Радиусы выпуклых и вогнутых поверхностей от 1 до 25 мм проверяют радиусными шаблонами, которые комплектуются в наборы. Например, набор № 1 имеет девять выпуклых и девять вогнутых шаблонов с радиусами 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5 и 6 мм. Размер радиуса закруглений контролируют «на просвет», совмещая профиль шаблона с проверяемым профилем. С помощью резьбовых шаблонов проверяют профили резьб. Эти шаблоны комплектуются в два набора: для метрической резьбы с углом профиля 60° и для дюймовой резьбы с углом профиля 55° . На каждом шаблоне, входящем в тот или другой набор, указывается шаг резьбы.

Для проверки размеров зазоров между сопряженными поверхностями деталей используют щупы. Они представляют собой набор заключенных в обойму мерных стальных, точно обработанных пластинок, которые имеют толщину от 0,03 до 1 мм и длину 50, 100 или 200 мм.

Размер зазора проверяют, вводя в него поочередно пластинки различной толщины (одну или несколько штук одновременно). Размер зазора считается равным толщине пластинки или набора пластинок, плотно входящих в него.

Размеры сопрягаемых поверхностей при массовом производстве изделий проверяют, как правило, методом сравнения с помощью предельных калибров (скоб или пробок).

Калибром называют измерительный бесшкальный инструмент, предназначенный для контроля размеров, формы и взаимного расположения частей изделий. Контроль состоит в сравнении размера изделия с калибром по вхождению или степени прилегания их поверхностей. Такое сравнение позволяет рассортировать изделия на годные (размер находится в пределах допуска) и бракованные с возможным исправлением или неисправимые.

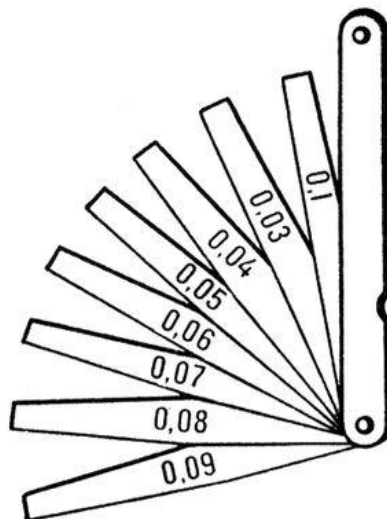


Рис. 11. Набор щупов

Калибры делят на предельные и нормальные. Нормальный калибр (шаблон) применяется для проверки сложных профилей. Он имеет размеры, равные только номинальному размеру проверяемого элемента изделия. Такой калибр входит в проверяемую деталь с большей или меньшей степенью плотности.

В настоящее время применяют в основном предельные калибры. Предельный калибр имеет проходную (ПР) и непроходную стороны (НЕ), т.е. верхнее и нижнее отклонение номинального размера, что позволяет контролировать размер в поле допуска. Предельные калибры применяются для измерения цилиндрических, конусных, резьбовых и шлицевых поверхностей. При конструировании предельных калибров должен выполняться принцип Тейлора, согласно которому проходной калибр является прототипом сопрягаемой детали и контролирует размер по всей длине соединения с учетом погрешностей формы. Непроходной калибр должен контролировать только собственно размер детали и поэтому имеет малую длину для устранения влияния погрешностей формы. Виды предельных калибров: калибр-скоба, калибр-пробка, резьбовой калибр-пробка, резьбовой калибр-кольцо и т. д.

Так для контроля размера отверстия $\varnothing 55H7^{(+0,030)}$ используют калибр-пробку, на которой указывается маркировка 55 H7. На проходной стороне калибра наносится символ ПР – и нижнее предельное отклонение 0, а на непроходной, соответственно НЕ и верхнее предельное отклонение +0,030. Проходной калибр-пробка изготавливают по наименьшему предельному размеру, а непроходной - по наибольшему предельному.

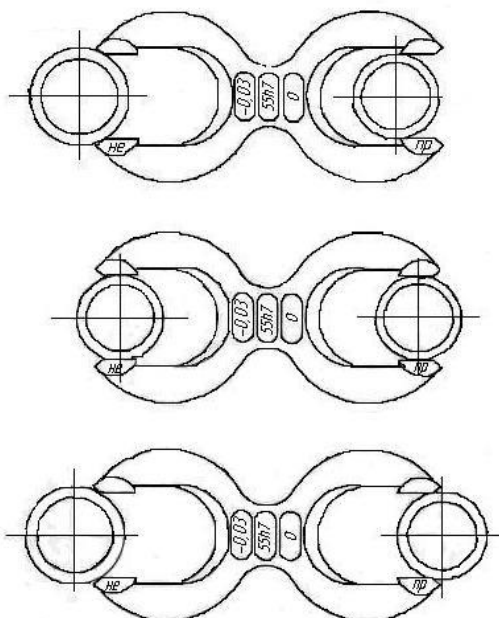


Рис.12. Контроль отверстия предельными калибрами:

- а) - детали годные; б – размер деталей меньше допустимого;
в – размер деталей больше допустимого наибольшего.

Для контроля вала размером $\varnothing 55h7_{(-0,03)}$ используют калибры-скобы. Непроходную скобу изготавливают по наименьшему предельному размеру вала, а проходную - по наибольшему. Схема контроля отверстия и вала калибрами показана на рис. 9.

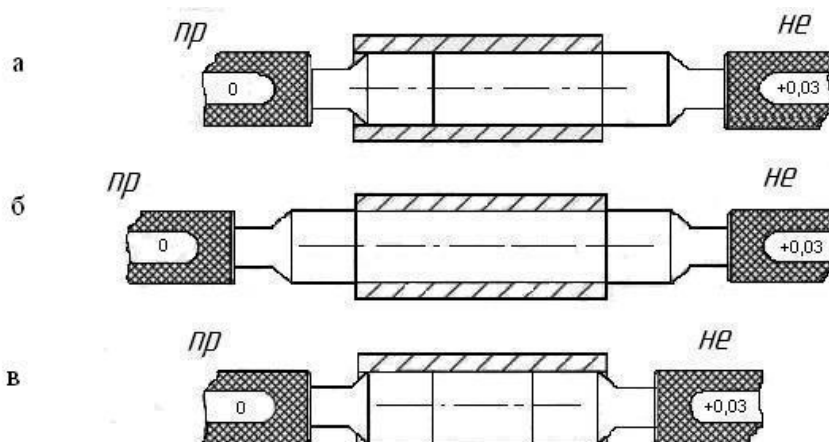


Рис.13. Контроль отверстия предельными калибрами:

- а) - детали годные; б – размер деталей меньше допустимого;
в – размер деталей больше допустимого наибольшего

Контроль при помощи калибров обеспечивает высокую производительность и высокую точность, не требует высокой квалификации оператора, не требует для каждого размера и каждого качества изготовления специального калибра. Этот контроль целесообразно применять в массовом и крупносерийном производстве.

В мелкосерийном и единичном производстве используется контроль при помощи универсального инструмента.

Контроль за точностью показаний самих измерительных инструментов (штангенциркулей, микрометров и т. д.) может осуществляться с помощью плоскопараллельных концевых мер длины. Плоскопараллельные концевые меры

длины изготавливаются из легированной инструментальной стали в виде плиток прямоугольного сечения.

Противоположные стороны плиток служат измерительными плоскостями, а расстояние между ними — измерительным размером.

Плоскопараллельные концевые меры длины выпускаются промышленностью наборами (ГОСТом предусмотрен выпуск двадцати одного набора).

Все рассмотренные поверочные инструменты имеют очень точно обработанные рабочие поверхности и поэтому требуют осторожного и бережного обращения. Необходимо предохранять рабочие поверхности инструментов от коррозии и механических повреждений. Во время работы надо класть инструменты только на деревянные или другие нежесткие подставки. По окончании работы следует протирать их чистой ветошью или ватой и смазывать бескислотным вазелином. Хранят эти инструменты обычно в специальных футлярах.

Контрольные вопросы

1. Какую роль играют плоскопараллельные концевые меры длины в измерениях?
2. В чем принципиальная разница между измерением и контролем размеров детали?
3. В чем разница между измерительными и поверочными инструментами?
4. Каковы устройства и виды штангенинструментов?
5. Перечислите основные методы измерений.
6. Для каких целей используют калибры?

Практическое занятие № 2

Тема: Опиливание детали

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить опиловку детали

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Металлические заготовки, слесарный верстак, тиски, набор напильников
2. Чертёж детали
3. Учебная и техническая литература.

Задание:

1. Изучить теоретические основы
2. Произвести опиловку заготовки
3. Ответить на контрольные вопросы

Теоретические основы

Опиливание — это процесс снятия припуска напильниками, надфилями или рашпилями. Оно основано на ручном или механическом снятии с обрабатываемой поверхности тонкого слоя материала. Опиливание относится к основным и наиболее распространенным операциям. Оно дает возможность получить окончательные размеры и необходимую шероховатость поверхности изделия.

Опиливание может производиться напильниками, надфилями или рашпилями. Напильники подразделяются на следующие виды: слесарные общего

назначения, слесарные для специальных работ, машинные, для затачивания инструмента и для контроля твердости.

Напильники изготавливают из инструментальной высокоуглеродистой стали У12А, У13А, а также из стали марок Р9, Р7Т, ШХ9, 11Х15.

Зубья напильника могут быть образованы насечением, фрезерованием, нарезанием, протягиванием и точением методом обкатывания. Наиболее распространен способ насечения. Насечка напильников общего назначения двойная перекрестная, а у напильников для специальных работ – двойная и одинарная. Благодаря перекрестной насечке на опиливаемой поверхности не получается рисунок от следов движения зубьев. Насечение зубьев производится на заготовках до их термической обработки. После насечения напильники закаливаются до твердости не ниже *HRC 54*.

При ремонте износившихся напильников перед нанесением насечки производится отпуск и шлифовка поверхности напильников. Все напильники должны быть тестированы.

В зависимости от формы различают следующие типы напильников (рис. 4): *а* – слесарные плоские тупоносые; *б* – круглые; *в* – полукруглые; *г* – квадратные; *д* – трехгранные; *е* – плоские остроносые; *ж* – ножовочные; *з* – овальные; *и* – линзовые; *к* – ромбические; *л* – полукруглые широкие; *м* – рашпили, *н* – для опилопочных станков; *о* – для мягких металлов, а также выгнутые напильники.

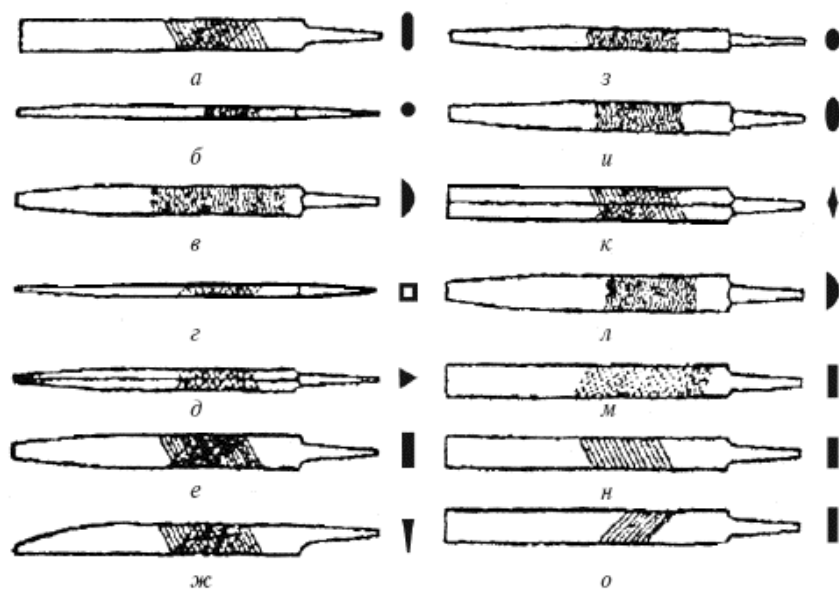


Рис. 4. Формы слесарных напильников

По величине и густоте насечек в зависимости от числа насечек на 10 мм длины напильники разделяются на драчевые № 0, и 1, личные № 2 и 3 и бархатные № 4 и 5. Драчевый № 0 имеет самую грубую насечку. При длине драчевого напильника 100 мм число насечек на длине 10 мм составляет 14, в то время как бархатный № 5 имеет очень мелкую насечку – 56 насечек на 10 мм при той же длине напильника (табл. 1).

Таблица 1

Величина припуска и точность обработки напильниками различных классов, мм

Класс напильника	Припуск на обработку	Слой металла, снимаемый за один ход	Достижимая точность обработки
Драчевый № 0 и 1	0,5–12	0,1–0,2	0,25–0,6
Личной № 2 и 3	0,1–0,3	0,02–0,03	0,02–0,005
Бархатный № 4 и 5	0,025–0,05	0,025–0,01	До 0,01

Напильники бывают с единичной и двойной насечкой (рис. 5). Единичная насечка может быть с наклоном в одну сторону, наклонная с промежутками, волнистая, рашпильная. При опиливании поверхностей мягких металлов используют напильники с единичной насечкой. Двойная насечка характеризуется тем, что шаг (расстояние между вершинами двух соседних зубьев) не составляет целой величины, что предотвращает появление борозд на спиливаемой поверхности.

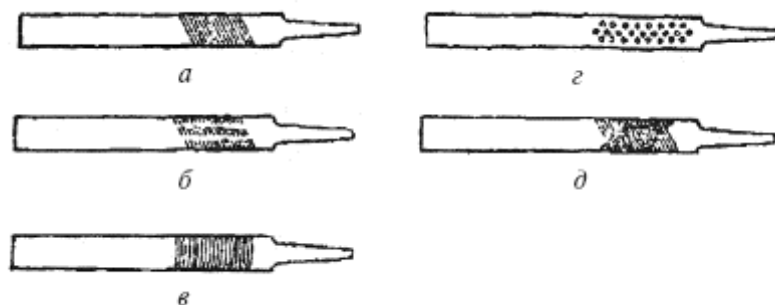


Рис. 5. Виды насечек напильников:

а – единичная с наклоном в одну сторону; б – единичная наклонная с промежутками; в – волнистая; г – рашпильная; д – двойная

Различают следующие виды опиливания: плоских и криволинейных поверхностей; угловых поверхностей; параллельных поверхностей; сложных и фасонных поверхностей.

Выбор напильника зависит от вида материала, вида опиливания, величины снимаемого слоя и величины обрабатываемой детали. Например, при окончательной обработке куба, выполненного из стали с длиной грани 30 мм, нужно использовать напильник с двойной насечкой № 5 (бархатный) длиной 160 мм.

Форму напильников выбирают в зависимости от конфигурации обрабатываемого места. Плоские напильники используют для опиливании плоских, криволинейных выпуклых и наружных сферических поверхностей; квадратные напильники – для опиливании квадратных и прямоугольных отверстий; трехгранные – для обработки трехгранных поверхностей, для заточки пил, а также для опиливании плоских поверхностей, расположенных под острым углом; ножовочные – для опиливании кромок острых углов, а также для выполнения узких канавок; ромбические – для обработки очень сложных контуров изделий; круглые – для выполнения полукруглых и круглых отверстий; овальные – для опиливании овальных отверстий; полукруглые и линзовые – для обработки криволинейных и вогнутых поверхностей.

В табл. 2. даны классы шероховатости и соответствующие им величины высот микронеровностей поверхности, получаемые при разных видах слесарной обработки.

Таблица 2
Шероховатость поверхности, получаемая при разных видах слесарной обработки

Шероховатость		Характеристика поверхности	Вид обработки
Класс	Высота микронеровностей, мкм		
1–3	80–20	Грубо обработанная	Опиливание драчевыми напильниками, сверление
4–6	10–2,5	Мало видимые следы обработки	Опиливание личным напильником, сверление с развертыванием
7–9	1,25–0,32	Следы обработки незаметны невооруженным глазом	Опиливание бархатным напильником, шабрение, притирка, сверление и развертывание двумя развертками
10–14	0,16–1,011	Высокая степень гладкости	Опиливание бархатным напильником с полировкой мелом и тонким наждаком, притирка притиром, доводка

Правильное и надежное закрепление материала в тисках или приспособлении при опиливании обеспечивает точную обработку материала, минимальное усилие работника и безопасность труда.

Во избежание повреждения поверхностей неметаллических материалов и изделий, закрепленных в тисках, следует использовать накладки. Накладки из мягких металлов (медь, цинк, свинец, алюминий, латунь), из дерева, искусственного материала, фетра или резины накладываются на щеки тисков. Изделие или материал вкладывают между накладками, а затем закрепляют.

Высоту установки тисков при опиливании следует подбирать в соответствии с ростом работника. На практике высоту установки тисков определяют, опираясь локтями на щеки тисков (кулак при вертикальном положении руки должен доставать до подбородка стоящего прямо работника). Если тиски установлены ниже данного положения, то подкладывают прокладки, а если высота установки тисков велика, то прокладки вынимаются или под ноги слесарю укладывается подставка или трап. Работающий у тисков должен занять такое положение, чтобы стопы ног были под углом 45° друг к другу, причем левая нога должна быть выставлена вперед на расстояние 25–30 см от оси стопы правой ноги. Ось левой стопы по отношению к рабочей оси напильника должна находиться под углом около 30° . Такое положение гарантирует производительную и безопасную работу слесаря и уменьшает его усталость.

Восстановление режущих способностей напильника после износа обеспечивается путем снятия затупившихся зубьев и нанесения на напильник новой насечки. Восстановление производится путем отжига напильника, сошлифовка старой насечки и выполнения новой (вручную или механически) с последующей закалкой. Восстановление напильника можно производить

несколько раз, но с каждым разом он становится тоньше и более подвержен трещинам.

Напильники необходимо предохранять от воздействия влаги для предупреждения коррозии; во избежание порчи насечки не следует их бросать или класть на другие напильники, инструменты или металлы. Поверхность напильников оберегают от попадания масла или смазки, а также от попадания пыли со шлифовальных кругов.

Новый напильник следует использовать сначала с одной стороны, а после ее затупления – с другой. Не следует использовать личные и бархатные напильники для опилования мягких металлов (олова, свинца, меди, цинка, алюминия, а также латуни). Опилки этих металлов забивают канавки насечки напильника и не дают возможности обрабатывать поверхности других металлов.

Напильник во время работы и после работы следует очищать стальной щеткой. После окончания работы его убирают в ящик или шкаф.

Следует обращать особое внимание на состояние рукоятки и правильную насадку ее на напильник (рукоятку насаживают по оси напильника). При насадке рукоятки нельзя поднимать напильник вверх. Не следует использовать напильники без рукоятки. Особенно осторожно нужно работать маленькими напильниками. Конец длинного напильника не следует держать пальцами. Материал для опилования должен быть закреплен правильно и крепко.

Контрольные вопросы:

1. Назовите способы очистки напильников
2. ТБ при работе с напильниками
3. В каком порядке осуществляется восстановление режущих способностей напильника?
4. Приведите примеры шероховатости поверхности, получаемая при разных видах слесарной обработки?
5. Что такое опилование, опишите процесс и применяемый инструмент?
6. Как выбирают форму напильников и их насечки?

Практическое занятие №3.

Тема: «Резка металлов»

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить резку деталей из металла

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Металл для резки, слесарный верстак, ножовка по металлу и различные полотна к ней, ножницы по металлу, труборез, слесарные тиски.
3. Учебная литература.

Задание.

1. Произвести резку деталей из различных металлов.
2. Ответить на контрольные вопросы.

1. Резка металлов

При слесарно-заготовительных работах металл перерезают в тех случаях, когда нужно от заготовки сортовой, фасонной стали или труб отделить часть определенного размера или заданной формы. Эта операция отличается от рубки тем, что ее выполняют не ударными, а нажимными усилиями, и смежные торцы основной и отделенной частей металла имеют прямые плоскости без скосов. Полосовую круглую, угловую или другую сталь перерезают с помощью ручных ножовок в тисках, а трубы – в прижиме.

Перед резанием труб их размечают на верстаке на заготовки, требуемой длины. Для точной разметки на краю верстака укреплена металлическая линейка длиной до 3м с упором на одном конце. Слесарь подвигает трубу одним концом до упора и по линейке отмечает длину заготовки.

Разрезание (резка) – это операция, связанная с разделением материалов на части с помощью ножовочного полотна, ножниц, трубофрез.

2. Инструменты и приспособления, применяемые при резке

Ручные слесарные ножовки предназначены в основном для разрезания сортового и профильного проката вручную, а также для разрезания толстых листов и полос, прорезания пазов в головках винтов, обрезания заготовок по контуру и других работ. Наиболее распространенные ножовочные полотна шириной 13 и 16мм. При толщине от 0,5 до 0,8мм и длиной 250-300мм. Ножовочные станки бывают двух типов: цельные и раздвижные, позволяющие устанавливать в станок ножовочное полотно разной длины.

Ручные ножницы предназначены для разрезания материала по прямой линии или по дуге большого радиуса.

Ручные ножницы бывают правыми и левыми. Ручными ножницами можно резать листовую сталь толщиной до 0,7мм, кровельное железо толщиной до 1,0мм, листы меди и латуни толщиной до 1,5мм.

Силовые ножницы предназначены, при резании листовой стали толщиной до 2,5мм.

Настольные ручные рычажные ножницы применяют для разрезания листовой стали толщиной до 4мм, алюминия и латуни – до 6мм.

Трубофрезы применяют для разрезания труб различного диаметра вместо слесарной ножовки, а также для более качественного разрезания труб. Трубофреза представляет собой специальное приспособление, у которого режущим инструментом служат стальные дисковые резцы-ролики. Наиболее распространенные роликовые, хомутиковые и цепные трубофрезы (для разрезания труб большого диаметра).

Прижимы применяют для зажима стальных труб и трубных заготовок диаметром от 15 до 50мм при перерезании труб ручным способом.

3. Основные правила резания металла ножовкой (полосовой, листовой, прутковый материал; профильный прокат; трубы)

1. Перед началом работы необходимо проверить правильность установки и натяжения полотна.

2. Разметку линии реза необходимо производить по всему периметру прутка (полосы, детали) с припуском на последующую обработку 1...2мм.

3. Заготовку следует прочно закреплять в тисках.

4. Полосовой и угловой материал следует разрезать по широкой части.

5. В том случае, если длина реза на детали превышает размер от полотна до рамки ножовочного станка, резание необходимо производить полотном, закрепленным перпендикулярно плоскости ножовочного станка (ножовкой с повернутым полотном).

6. Листовой материал следует разрезать непосредственно ножовкой в том случае, если его толщина больше расстояния между тремя зубьями ножовочного полотна. Более тонкий материал для разрезания надо зажимать в тиски между деревянными брусками и разрезать вместе с ними.

7. Газовую или водопроводную трубу необходимо разрезать, закрепляя ее в трубном прижиме. Тонкостенные трубы при разрезании закреплять в тисках, используя для этого профильные деревянные прокладки.

8. При разрезании необходимо соблюдать следующие требования:

- в начале резания ножовку наклонять от себя на $10..15^\circ$;
- при резании ножовочное полотно удерживать в горизонтальном положении;
- в работе использовать не менее трех четвертей длины ножовочного полотна;
- рабочие движения производить плавно, без рывков, примерно 40..50 двойных ходов в минуту;
- в конце разрезания нажатие на ножовку ослабить и поддерживать отрезанную часть рукой.

9. При проверке размера отрезанной части по чертежу отклонение реза от разметочной риски не должно превышать 1мм в большую сторону.

4. Основные правила резания листового металла толщиной до 0,7мм ручными ножницами

1. При разметке вырезаемой детали необходимо предусматривать припуск до 0,5мм на последующую обработку.

2. Разрезание следует производить острозаточенными ножницами в рукавицах.

3. Разрезаемый лист располагать строго перпендикулярно лезвиям ножниц.

4. В конце реза не следует сводить ножницы полностью во избежание надрыва металла.

5. Необходимо следить за состоянием оси-винта ножниц. Если ножницы начинают «мять» металл, нужно слегка подтянуть винт.

6. При резании материала толщиной более 0,5мм (или при затрудненном нажатии на ручки ножниц) необходимо одну из ручек прочно закрепить в тисках.

7. При вырезании детали криволинейной формы, например, круга, необходимо соблюдать следующую последовательность действий:

- разметить контур детали и вырезать заготовку прямым резом с припуском 5..6мм;
- вырезать деталь по разметке, поворачивая заготовку по часовой стрелке.

8. Резание следует производить точно по линии разметки (отклонения допускаются не более 0,5мм).

Максимальная величина «зареза» в углах не должна быть более 0,5мм.

5. Основные правила резания листового и полосового материала рычажными ножницами

1. Резание необходимо производить в рукавицах во избежание пореза рук.
2. Резание значительного по размерам листового материала (более 0,5×0,5м) следует производить вдвоем (один должен поддерживать лист и продвигать его в направлении «от себя» по нижнему ножу, другой – нажимать на рычаг ножниц.
3. В процессе работы разрезаемый материал (лист, полосу) необходимо располагать строго перпендикулярно плоскости подвижного ножа.
4. В конце каждого реза не следует доводить ножи до полного сжатия во избежание «надрыва» разрезаемого материала.
5. После окончания работы нужно закреплять рычаг ножниц фиксирующим штифтом в нижнем положении.

6. Основные правила резания труб труборезом

1. Линию реза следует отмечать мелом по всему периметру трубы.
2. Трубу необходимо прочно закреплять в трубном прижиме или тисках. Закрепление трубы в тисках нужно производить с использованием профильных деревянных прокладок. Место реза следует располагать не далее чем 80..100мм от губок прижима или тисков.
3. В процессе резания необходимо соблюдать следующие требования:
 - смазывать место реза;
 - следить за перпендикулярностью рукоятки трубореза оси трубы;
 - внимательно следить за тем, чтобы режущие диски располагались точно, без перекаса, по линии реза;
 - не прикладывать больших усилий при вращении винта рукоятки трубореза для подачи режущих дисков;
 - в конце разрезания поддерживать труборез обеими руками; следить за тем, чтобы отрезанный кусок трубы не упал на ноги.

7. Типичные дефекты при резании металла, причины их появления и способы предупреждения

Резание слесарной ножовкой

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Перекас реза.	Слабо натянуто полотно. Резание проводилось поперек полосы или полки угольника.	Натянуть полотно таким образом, чтобы оно туго подавалось нажатием пальцем сбоку.
Выкрошивание зубьев полотна.	Неправильный подбор полотна. Дефект полотна-полотно перекалено.	Полотно следует подбирать таким образом, чтобы шаг зубьев был не более половины толщины заготовки, то есть, чтобы в работе чувствовалось два-три зуба. Вязкие металлы (алюминий и его сплавы) резать полотнами с более мелким зубом, тонкий материал закреплять между деревянными брусками и разрезать вместе с ними.
Поломка полотна.	Сильное нажатие на ножовку. Слабое натяжение полотна. Полотно перетянута. Неравномерное движение ножовкой при резании.	Ослабить вертикальное (поперечное) нажатие на ножовку, особенно при работе новым, а также сильно натянутым полотном. Ослабить нажатие на ножовку в конце реза. Движения ножовкой производить плавно, без рывков. Не

		пытаться исправлять перекося рез перекося ножовки. Если полотно тупое, то необходимо заменить его.
--	--	--

Резание труб труборезом

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Грубые задиры в местах закрепления трубы.	Нарушение правил закрепления труб	Прочно закреплять трубу в трубном прижиме, чтобы она не поворачивалась в процессе резания. При закреплении трубы в тисках использовать деревянные прокладки.
«Рваный» торец отрезанной трубы.	Несоблюдение правил резания труб.	Точно устанавливать диски трубореза по разметочным меткам. Внимательно следить в процессе резания за перпендикулярностью рукоятки трубореза к оси трубы (при этом условии режущие диски трубореза не смещаются и линия реза не перекашивается). При каждом повороте трубореза поджимать его винт не более чем на половину оборота. Обильно смазывать оси режущих дисков и места реза.

Резание ручными ножницами

Дефект	Причина	Способ предупреждения
При резании листового материала ножницы мнут его.	Тупые ножницы. Ослаблен шарнир ножниц.	Резание производить только остро заточенными ножницами. Перед началом резания проверить и, если необходимо, подтянуть шарнир ножниц так, чтобы раздвижение ручек производилось плавно, без заеданий и качки.
«Надрывы» при резании листового металла.	Несоблюдение правил резания.	Во время работы ножницами следить, чтобы лезвия ножниц не сходились полностью, так как это приводит к «надрывам» металла в конце реза.
Отступление от линии разметки при резании электровибрационными ножницами.	Несоблюдение правил резания.	При резании листового материала больших размеров (более 500×500мм) лист задней кромкой упереть в какой-либо упор и разрезание производить перемещением (подачей) ножниц. При вырезании заготовок с криволинейными контурами (особенно при небольших размерах заготовок) подачу производить передвижением заготовки.
Ранение рук.	Работа производилась без рукавиц.	Работать ножницами следует только в брезентовых рукавицах (прежде всего на левой руке, поддерживающей разрезаемый лист)

8. Правила техники безопасности при резке металлов ножовкой

1. Надежно закреплять заготовки в тисках.
2. Запрещается выполнять резание со слабо или чересчур сильно натянутым полотном, так как это может привести к поломке полотна и ранению рук.
3. Во избежание поломки полотна и ранения рук при резании не следует сильно нажимать на ножовку вниз.
4. Запрещается пользоваться ножовкой со слабо насаженной или расколотой рукояткой (ручка должна быть плотно насажена на хвостовик).
5. При сборке ножовочного станка следует использовать штифты, которые плотно, без качки, входят в отверстия головок.

6. При выкрошивании зубьев ножовочного полотна работу прекратить и заменить полотно на новое.

7. Во избежание соскакивания рукоятки и ранения рук во время рабочего движения ножовки не ударять передним торцом рукоятки о разрезаемую деталь.

8. Заканчивая резание, необходимо соблюдать нажим на ножовку, поддерживать часть заготовки, которую отрезаем.

9. Оберегать руки от ранения о режущие кромки ножовки или заусенцы на металле.

10. Не сдвигать опилки и не удалять их руками во избежание засорения глаз или ранения рук.

11. Не загромождать рабочее место ненужными инструментами и деталями.

9. Правила техники безопасности при резке металлов ручными ножницами

1. Резание необходимо производить в рукавицах во избежание пореза рук.

2. Разрезание следует производить острозаточенными ножницами.

3. Не держать левую руку близко к ножницам и кусачкам, чтобы пальцы не попали под лезвие.

4. Подавать ножницы и кусачки товарищу нужно ручками от себя, а класть на стол ручками к себе.

5. Если кусачками отрезается небольшой кусок проволоки, откусываемую часть направлять в сторону защитного экрана верстака.

6. Необходимо следить за состоянием оси-винта ножниц. Если ножницы начинают «мять» металл, нужно слегка подтянуть винт.

7. Следить за положением пальцев левой руки, поддерживая лист снизу.

8. Оберегать руки от ранения о режущие кромки или заусенцы на металле.

9. Не сдвигать опилки и не удалять их руками во избежание засорения глаз или ранения рук.

10. При резании материала толщиной более 0,5мм (или при затрудненном нажатии на ручки ножниц) необходимо одну из ручек прочно закрепить в тисках.

11. Не загромождать рабочее место ненужными инструментами и деталями.

10. Правила техники безопасности при разрезании труб труборезом

1. Надежно закреплять заготовки в тисках.

2. Смазать место реза.

3. Следить за перпендикулярностью рукоятки оси трубы.

4. Внимательно следить за тем, чтобы режущие диски располагались точно, без перекоса, по линии реза.

5. Не прикладывать больших усилий при вращении винта рукоятки трубореза для подачи режущих дисков.

6. В конце разрезания поддерживать труборез обеими руками; следить за тем, чтобы отрезанный кусок трубы не упал на ноги.

7. Не загромождать рабочее место ненужными инструментами и деталями.

Контрольные вопросы:

1. Чем вызвана необходимость использования рукавиц при резании металла ножницами?

2. Зачем нужна смазка зубьев ножовочного полотна при работе?
3. На каком расстоянии от края губок тисков или прижима должна быть линия разметки при резке трубы ножовкой или труборезом?
4. Какие встречаются дефекты при резании металла?
5. Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при резке металла
5. С какой целью разводят зубья ножовочного полотна?
6. На ножовочном полотне имеется маркировка: 250; 13; 1,6; P9. Расшифруйте её. Сгибание листового металла

Практическое занятие №3

Тема: «Рубка»

Цель: Научиться производить рубку материала по уровню губок тисков, по разметочным рискам

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Металл различных профилей, слесарный верстак, тиски, заготовки, зубила. молотки
3. Учебная литература.

Задание.

1. Произвести рубку металла по уровню губок тисков, по разметочным рискам.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Выбор инструмента. Подобрать и проверить молоток: плотность и прочность его насадки на ручку; правильность расклинивания ручки в отверстии стальными клиньями; овальность сечения ручки с равно мерным утолщением к концу; отсутствие сучков, трещин и сколов на ручке; гладкость и небольшую выпуклость поверхности бойка молотка; отсутствие трещин и сколов у молотка и бойка; массу молотка (40 г на 1 мм ширины зубила) и длину его ручки (500—600 мм). Подобрать зубило и проверить: отсутствие трещин и сколов; закругленность и зачищенность боковых сторон и средней части; гладкость и выпуклость ударной части; угол заострения в зависимости от твердости обрабатываемого металла (35, 45, 60, 70°).

1. Кистевой удар молотком производится раскачиванием только за счет изгиба кисти (рис. в); применяется при легкой работе, снятии тонких слоев металла.

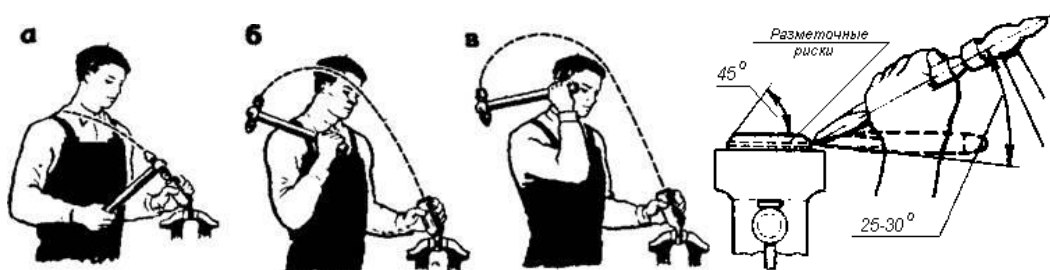
Приемы захвата инструмента и нанесения удара при рубке металла.

2. Локтевой удар применяется при обычной рубке, когда приходится снимать слой металла средней толщины. При локтевом ударе рука изгибается в локте, поэтому он более сильный, чем кистевой (рис.б).

3. Плечевой удар применяется при рубке толстого слоя металла и обработке больших плоскостей. Рука движется в плече, при этом получается большой замах

и удар максимальной силы - удар с плеча (рис. в). Он должен быть метким, чтобы центр бойка молотка попадал в центр головки зубила.

4. Расположение пальцев на ручке при ударе молотком: ручку обхватить четырьмя пальцами и прижать к ладони; большой палец наложить на указательный и все пальцы крепко сжать, они остаются в таком положении как при замахе, так и при ударе; в начале замаха при движении руки вверх ручку молотка обхватить всеми пальцами. В дальнейшем по мере подъема руки вверх мизинец, безымянный и средний пальцы постепенно разжать и поддерживать наклоненный назад молоток (рис. ж); затем разжатые пальцы сжать и ускорить движение руки вниз - в результате получается сильный и меткий удар молотком. Удары должны быть меткими (приходиться прямо по вершине закругленной части зубила) и равномерными - со скоростью примерно 60 ударов в минуту при легкой рубке и 40 ударов - при тяжелой рубке. Упражнения. Рубка, разрубание металла и вырубание канавок. Обрубание плоскости и вырубание канавок: 1. Рубка по разметочным рискам на уровне губок тисков (заготовка 50X30X4 мм): нанести на поверхность заготовки разметочную риску; зажать и выверить заготовку в тисках так, чтобы разметочная риска была параллельна губкам тисков и выше на размер части заготовки, уходящей в стружку; проверить молоток и зубило (насадку ручки молотка, отсутствие отбитых углов, разбитых бойков, заусенцев на молотке и зубиле; принять правильную рабочую позу; правильно установить зубило ;



рубить серединой зубила, правильно нанося по нему удары и снимая стружку толщиной 2—3 мм; е) проверить масштабной линейкой линию среза — она должна быть прямой (допускаемое отклонение $\pm 0,5$ мм). 2. Рубка по разметочным рискам выше уровня губок тисков (заготовка 150X30X4 мм): а) нанести на поверхность заготовки параллельные разметочные риски (расстояние между ними 1 мм); б) установить размеченную заготовку, выверить и зажать между губками тисков в средней части таким образом, чтобы разметочная риска, по которой нужно рубить, была параллельна губкам тисков и по уровню выше их на 10—15 мм; правильно установить зубило; снять фаску на стороне заготовки противоположной той, с которой начинают рубку; фаску сделать по размеру снимаемого слоя металла; рубить поверхность серединой зубила по разметочным рискам; толщина снимаемого слоя должна быть одинакова по всей длине (не более 0,5 - 1,0 мм, а при чистовой рубке - 0,2 - 0,5 мм); риска не срубается; проверить масштабной линейкой линию отреза она должна быть прямолинейной (допускаемое отклонение $\pm 0,5$ мм).

Контрольные вопросы:

1. Перечислите правила безопасной работы при рубке металла.
2. Назовите инструменты для рубки металла.
3. Чем отличается зубило от крейцмейселя?
4. В каких случаях применяют кистевой удар? Плечевой удар?
5. Почему при рубке в тисках разметочная риска должна быть на 1,5...2 мм ниже уровня губок?

Практическое занятие №4.

Тема: «Правка металлов»

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить правку деталей из металла

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Металл для правки, слесарный верстак, рихтовочная плита, молотки
3. Учебная литература.

Задание.

1. Произвести правку деталей из металла.
2. Ответить на контрольные вопросы.

1. Правка металла

Правка – это операция по выпрямлению изогнутого или покоробленного металла, который можно подвергать только пластичные материалы: алюминий, сталь, медь, латунь, титан.

Различают два вида правки металла: правка в холодном состоянии и в горячем. Правку осуществляют на специальных правильных плитах, которые изготавливают из чугуна или стали.

Правку мелких деталей можно производить на кузнечных наковальнях. Правка металлов выполняется молотками различных типов в зависимости от состояния поверхности и материала детали, подвергаемой правке.

При правке заготовок с необработанной поверхностью используют молотки с круглыми бойками массой 400г. Круглый боек оставляет на поверхности меньшие следы, чем квадратный.

При правке заготовок с обработанной поверхностью используют молотки, имеющие бойки с мягкими вставками (из меди, алюминия), которые не оставляют следов на поверхности. При правке листового материала используют деревянные молотки-киянки, а очень тонкие листы правят деревянными или металлическими брусками – гладилками.

Правку осуществляют несколькими способами: изгибом, вытягиванием и выглаживанием.

Правку изгибом применяют при выправлении круглого (прутки) и профильного материала, которые имеют достаточно большое поперечное сечение. В этом случае пользуются молотками со стальными бойками. Заготовка

располагается на правильной плите изгибом вверх и удары наносят по выпуклым местам, изгибая заготовку в сторону, противоположную имеющемуся изгибу. По мере выправления заготовки силу удара уменьшают.

Правку вытягиванием используют при выправлении листового материала, имеющего выпуклости или волнистость. Производят такую правку молотками с бойками из мягких металлов или киянками. В этом случае заготовку укладывают на правильную плиту выпуклостями вверх и наносят частые несильные удары, начиная от границы выпуклости, по направлению к краю заготовки. Сила ударов постепенно уменьшается. При этом металл вытягивается к краям заготовки и выпуклость за счет этого вытяжения выправляется.

Правку выглаживанием применяют в тех случаях, когда заготовка имеет очень малую толщину. Выглаживание осуществляют деревянными или металлическими брусками. Заготовку выглаживают на правильной плите, вытягивая материал при помощи гладилок от края неровности к краю заготовки, и за счет вытягивания материала добиваются выравнивания поверхности заготовки.

2. Инструменты и приспособления, применяемые при правке

Правильные плиты изготавливают из серого чугуна с рабочими поверхностями 1,5×5,0; 2,0×2,0; 1,5×3,0; 2,0×4,0м. На таких плитах правят профильные заготовки и заготовки из листового и полосового материала, а также прутки из черного и цветного металла.

Рихтовальные бабки применяют для правки рихтовки заготовок из металлов высокой твердости или предварительно закаленных металлов. Рихтовальные бабки изготавливают из стальных заготовок диаметром 200..250мм, их рабочая часть имеет сферическую или цилиндрическую форму.

Молотки при правке применяют для приложения силового усилия в месте правки. В зависимости от физико-механических свойств обрабатываемой заготовки и ее толщины выбирают различные типы молотков. При правке заготовок из пруткового и полосового материала применяют молотки с квадратным и круглым бойком. Для правки обработанных поверхностей применяются молотки с мягкими вставками из алюминия и его сплавов или меди.

Кувалды представляют собой молотки большой массы (2,0...5,0кг) и используются для правки круглого и профильного проката большого поперечного сечения в тех случаях, когда сила удара наносимого обычным слесарным молотком, недостаточна для выправления деформированной заготовки.

Киянки – это молотки, ударная часть которых выполнена из дерева твердых пород, ими правят листовой материал из металлов высокой пластичности.

Характерная особенность правки киянками в том, что они практически не оставляют следов на выправляемой поверхности.

Гладилки металлические или деревянные (из твердых пород дерева: бук, дуб, самшит) предназначены для выправления (выглаживания) листового материала небольшой толщины (до 0,5мм). Этот инструмент в процессе обработки, как правило, не оставляет следов в виде вмятин.

3. Основные правила выполнения работ при правке

• При правке полосового и пруткового материала (круглого, квадратного или шестигранного сечения) выправляемая деталь должна касаться правильной плиты или наковальни не менее чем в двух точках. Правку деформированной заготовки при этом нужно осуществлять за счет ее изгиба в сторону, противоположную имеющейся деформации.

• Силу ударов молотком или кувалдой распределять по длине деформированного участка и регулировать в зависимости от площади поперечного сечения материала, подлежащего правке, и величины деформации.

• При правке обработанных валов во избежание появления вмятин на обработанной поверхности необходимо пользоваться опорными призмами и прокладками из мягкого металла.

• Правку листового материала толщиной 0,5...0,7мм необходимо производить при помощи деревянных молотков – киянок. При отсутствии киянок допускается использование обычного стального молотка, но при этом необходимо между молотком и выправляемой поверхностью помещать деревянную проставку.

• При правке полос, изогнутых по ребру (рихтовке), а также листового материала со значительными деформациями необходимо применять способ правки растяжением.

• Правку полос с винтовым изгибом необходимо выполнять в ручных тисочках.

• Контроль качества правки следует производить в зависимости от конфигурации заготовки и ее исходного состояния: «на глаз» - визуально, линейкой, перекачиванием по плите; «на карандаш» - путем вращения выправленного вала в центрах ручного винтового прессы.

• При правке полосового и пруткового материала на плите (наковальне) необходимо пользоваться рукавицами, правку выполнять молотком или кувалдой, прочно насаженной на рукоятку.

4. Типичные дефекты при правке, причины их появления и способы предупреждения

Дефект	Причина	Способ предупреждения
После правки обработанной детали в ней имеются вмятины.	Правка производилась ударами молотка или кувалды непосредственно по детали.	Правку производить через прокладку или наставку из мягкого металла, при правке обработанные цилиндрические детали устанавливать на призмы.
После правки листового материала киянкой или молотком через деревянную наставку лист значительно деформирован.	Применялись недостаточно эффективные способы правки.	Применить способ правки путем растяжения металла по краям выпуклости, чередуя этот способ с правкой прямыми ударами.
После рихтовки полоса непрямолинейна по ребру.	Процесс правки не окончен.	Правку заканчивать ударами по ребрам полосы, переворачивая ее в процессе правки на 180°.

5. Правила безопасности труда при правке металла

- осторожно обходиться с заготовками, поскольку листовой металл и проволока имеет острые кромки;
- работать только исправным инструментом (правильно насаженные молотки: ручки молотков должны быть без трещин с надежно закрепленными на них бойками; не иметь отколов на молотках);
- боек молотка должен иметь гладкую, полированную, слегка выпуклую поверхность;
- для предохранения рук от ударов и вибраций металла работать обязательно в рукавицах, так как заусенцы и острые кромки заготовок могут поранить руки;
- заготовку на плите или наковальне удерживать прочно;
- надежно крепить обрабатываемые заготовки;
- при правке полосы или прутки должны касаться не менее чем в двух точках;
- держать руку, которая удерживает заготовку, по возможности дальше от места удара молотком или киянкой;
- не стоять за спиной товарища, когда он работает;
- содержать рабочее место в чистоте и порядке, а инструменты – в исправном состоянии.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначена правка металла?
2. Почему при правке металлов рекомендуют применять молоток с круглым, а не квадратным бойком?
3. Почему при правке мягких материалов и тонких листов рекомендуется использовать прокладки?
4. В какой последовательности правят стальные прутки и полосы?
5. Какие инструменты и приспособления применяются при правке металла?
6. В каких случаях необходимо применять способ правки растяжением?
7. Сколько точек должно касаться правильной плиты при правке полосового металла?
8. В каких случаях применяют правку изгибом?
9. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при правке металла?
10. Как выпрямить погнутый алюминиевый лист толщиной 0,3мм?

Цель: Использовать необходимый инструмент для плоскостной разметки. Научиться нанесению взаимно параллельных и перпендикулярных рисок

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Металлическая линейка 50 см., лист металла 20x10 см., толщиной 1 мм., чертилка, циркуль.

2. Учебная литература.

Задание.

1. Закрепить размечаемую заготовку на верстаке.

2. Произвести разметку.

3. Ответить на контрольные вопросы.

Нанесение параллельных рисок.

Учебное задание 1. Нанесение взаимно параллельных рисок на произвольном расстоянии друг от друга с помощью угольника, линейки и черилки.

Задание по разметке выполняют на пластинах (размером не менее 200X100 мм) из

листовой стали в следующем порядке.

1. Пластину кладут на разметочную плиту так, чтобы обработанная кромка, принятая за базу, была обращена к работающему; при этом заготовку сдвигают на край

разметочной плиты, что обеспечивает плотное прилегание угольника.

2. Угольник с широким основанием прикладывают к базовой кромке и проводят

чертилкой первую риску, чертилка при этом должна быть наклонена в сторону ее

перемещения и одновременно в сторону от кромки линейки.

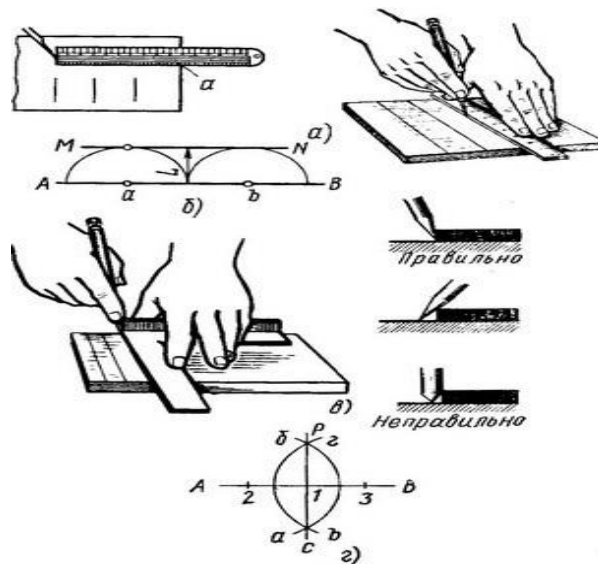
Приемы нанесения рисок.

Во время нанесения рисок заостренный конец черилки неотрывно прижимают к

боковой стороне линейки, а линейку при этом плотно прижимают к заготовке. Риску проводят с небольшим нажимом только один раз - повторное проведение риски недопустимо. Риски должны быть четкими, тонкими и непрерывными.

Для нанесения рисок применяют два типа чертилок: круглую или со вставной иглой из твердого сплава.

3. Угольник перемещают по кромке пластины на произвольные расстояния и наносят ряд рисок.



Нанесение рисок (линий)

а - параллельных, на произвольном расстоянии с помощью угольника; б - параллельных, отстоящих на определенной расстоянии, с помощью измерительной линейки; в - параллельных, отстоящих на определенном расстоянии, с помощью циркуля и линейки.

Затем по линейке, соединяя нанесенные метки, проводят линию. Через другие пары меток также проводят прямые, которые будут параллельными.

Для нанесения рисок параллельно заданной прямой на определенном расстоянии с помощью циркуля и линейки из произвольных точек а и Б на прямой АВ проводят дуги радиусом R. Прямая CD, касательная к этим дугам, будет параллельной к заданной прямой АВ и отстоит от нее на расстоянии R.

Упражнение 2. Нанесение взаимно перпендикулярных рисок

1. Провести на размечаемой поверхности линию АВ произвольной длины (рис. г).

2. На середине (примерно) риски АВ отметить точку 1, по обе стороны от которой раствором циркуля, установленном на одинаковый размер, сделать на риске АВ засечки 2 и 3 и накернить их.

4. Установить неподвижную ножку циркуля 3. Установить циркуль на размер больше половины размера между точками 1—2 и 1—3 и неподвижную ножку циркуля установить в точку 2 и провести дугу «аб», пересекающую риску.

в точку 3 и нанести дугу «вг».

5. Провести через точки пересечения дуг и точку 1 риску «РС», которая будет перпендикулярна линии АВ.

Контрольные вопросы:

1. Какие инструменты применяются для плоскостной разметки ?
2. Какие способы применяются для закрепления заготовки на верстаке?
3. Расскажите последовательность выполнения плоскостной разметки и нанесение взаимно параллельных и перпендикулярных рисок.

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить сверление заготовок из металла

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Заготовки для сверления, сверлильный станок, свёрла, зенковки

3. Учебная литература.

Задание.

1. Произвести сверление заготовок из металла на сверлильном станке.

2. Ответить на контрольные вопросы.

1. Виды и приемы сверления

Сверление – это операция по образованию сквозных и глухих отверстий в сплошном материале, выполняемая при помощи режущего инструмента – сверла.

Различают сверление ручное – ручными пневматическими и электрическими сверлильными устройствами (дрелями) и сверление на сверлильных станках. Ручные сверлильные устройства используются для получения отверстий диаметром до 12мм в материалах небольшой и средней твердости (пластмассы, цв.металлы и др.). Для сверления и обработки отверстий большого диаметра, повышения производительности труда и качества обработки используют настольные сверлильные и стационарные станки – вертикально-сверлильные.

Отверстия сверлят:

- **По предварительной разметке** (выполненной разметочным инструментом), по разметке сверлят одиночные отверстия. Предварительно на деталь наносят осевые риски, затем кернят углубления в центре отверстия. Керновое отверстие окружности делают глубже, чтобы дать предварительное направление сверлу. Сверление осуществляют в два приема – сначала выполняют пробное сверление, а затем окончательное.

- **По шаблону** – применение шаблона экономит время, так как на заготовку переносят контуры ранее размеченных на шаблоне отверстий.

- **Отверстия больших диаметров** сверлят за два приема – сначала сверлом меньшего диаметра, а затем сверлом требуемого диаметра.

- **Сверление глухих отверстий на заданную глубину** осуществляют по втулочному упору на сверле или измерительной линейки. Для измерения сверло подводят до соприкосновения с поверхностью детали, сверлят на глубину конуса сверла и отмечают по стрелке (указателю) начальное положение на линейке. Затем к этому показателю прибавляют заданную глубину сверления и получают цифру, до которой надо проводить сверление.

- **Сверление неполных отверстий (полуотверстий)** в тех случаях, когда отверстие расположено у края, к обрабатываемой детали приставляют пластину из того же материала, зажимают в тисках и сверлят полное отверстие, затем пластину убирают.

- **Сверление под резьбу и под развертку.**

Существуют общие правила сверления (как на станке, так и с помощью дрели):

- * в процессе разметочных работ центр будущего отверстия обязательно следует отметить кернером, тогда при работе сверло устанавливается в керн, что способствует большей точности;

* при выборе диаметра сверла следует учитывать его вибрацию в патроне, в результате чего отверстие получается несколько большего диаметра, чем сверло. Отклонение это достаточно мало – от 0,05 до 0,3мм – и имеет значение в том случае, когда требуется особая точность;

* при сверлении металлов и сплавов в результате трения температура режущего инструмента (сверла, зенкера) значительно повышается, что приводит к быстрому его износу. Для того чтобы повысить стойкость инструментов, при сверлении используют охлаждающие жидкости, в частности воду;

* затупленные режущие инструменты не только образуют некачественные отверстия, но и сами быстрее выходят из строя, поэтому их следует своевременно затачивать: сверла – под углом (в вершине) 116-118°, конические зенкеры – 60, 90, 120°. Заточку производят вручную на заточном станке: сверло приставляют к кругу заточного станка одной из режущих кромок под углом 58-60° и плавно поворачивают его вокруг своей оси, затем таким же образом затачивают вторую режущую кромку.

При этом необходимо следить, чтобы обе режущие кромки были заточены под одинаковым углом и имели одинаковую длину;

• для сверления глухих отверстий на многих сверлильных станках имеются механизмы автоматической подачи с лимбами, которые и определяют ход сверла на нужную глубину. Если же ваш станок не оснащен таким механизмом или вы сверлите ручной дрелью, то можно использовать сверло со втулочным упором;

* если вам нужно просверлить неполное отверстие, расположенное у края детали, то наложите на деталь пластину из такого же материала, весь пакет укрепите в тисках и просверлите отверстие. Пластина затем снимается;

* когда необходимо просверлить отверстие в полной детали (например, в трубе), отверстие предварительно забивают деревянной пробкой. Если труба большого диаметра, а отверстие требуется сквозное, то приходится сверлить с двух сторон.

В этом случае, чтобы облегчить разметку и сделать ее наиболее точной, можно воспользоваться специальным приспособлением. Оно состоит из двух совершенно одинаковых призм, между которыми зажимается труба. Каждая призма имеет точно выверенные друг против друга зажатые в их противоположных вершинах встречные винты-кернеры. Призмы тоже точно выставлены с помощью боковых щек. Когда труба зажимается между призмами, на ней остаются небольшие, расположенные друг напротив друга лунки от винтов-кернеров. После сверления по такой разметке отверстия в трубе будут соответствовать друг другу с гораздо большей точностью;

* получить ступенчатые отверстия можно двумя способами: первый способ: сначала сверлится отверстие наименьшего диаметра, затем (на нужную глубину) – отверстие большего диаметра и последним просверливается отверстие наибольшего диаметра; второй способ: с точностью до наоборот: сначала на нужную глубину сверлят отверстие наибольшего диаметра, затем – меньшего, и в конце – наименьшего диаметра;

* если нужно просверлить отверстие на криволинейной плоскости или плоскости, расположенной под углом, то сначала следует сделать (выпилить, вырубить) площадку, перпендикулярную к оси будущего отверстия, накернить центр, а затем сверлить отверстие;

* отверстия диаметром свыше 25мм сверлят в два приема: сначала просверливают отверстие сверлом меньшего диаметра (10...20мм), а затем рассверливают сверлом нужного диаметра;

* при сверлении деталей имеющих большую толщину (при глубоком сверлении), когда глубина отверстия более пяти диаметров сверла, его нужно периодически вынимать из отверстия и выдувать стружку, иначе инструмент может заклинить;

* композиционные (состоящие из нескольких разнородных слоев) материалы трудно сверлить, прежде всего потому, что при обработке на них возникают трещины. Избежать этого можно очень простым способом: перед сверлением такой материал нужно залить водой и заморозить – трещины в этом случае не появятся;

* высокопрочные материалы – сталь, чугун – обычные сверла не берут. Для их сверления у слесарей большой популярностью пользуются сверла с наконечниками из так называемого победита. Он был получен в России в 1929 году, он состоит из 90% карбида вольфрама и 10% кобальта. Для этой же цели можно обзавестись и алмазным сверлом, наконечник которого изготовлен с применением синтетических алмазов, - оно заметно увеличивает скорость сверления металла.

2. Инструменты и приспособления, применяемые при обработке отверстий

Сверлят отверстия сверлами, изготовленными из высококачественных марок 10А, 12А.

Для сверления твердого металла применяют сверла с пластинами из твердых сплавов на режущей части сверла.

При сверлении отверстие в теле металла получается несколько большее, чем диаметр сверла, которым сверлят это отверстие. Например, при использовании сверла диаметром в диапазоне 5...25мм отверстия получаются больше диаметра сверла на 0,08...0,2мм. Это следует учитывать при выборе рабочего сверла.

По конструкции сверла различают на спиральные и специальные (центровочные, перовые,

Спиральные сверла состоят из трех частей: рабочей части, хвостовика и шейки. Рабочая

сверла образована двумя спиральными канавками и включает в себя режущую и цилиндрическую (направляющую) части с двумя ленточками, что уменьшает трение сверла о поверхность обрабатываемого отверстия. Режущей частью сверла является его вершина, образующая при заточке сверла два зуба с режущими кромками, угол между которыми выбирают в зависимости от твердости обрабатываемого материала. Для сверления стали и чугуна этот угол должен составлять не более 118° , для меди 125° , для алюминия 140° . Режущие кромки сверла выполняют основную работу резания.

Спиральные сверла выпускают с хвостовой частью (хвостовиком) двух типов – цилиндрические и конические. Сверла с цилиндрическими хвостовиками предназначены для закреплений в патронах, сжимающих хвостовик сверла своими кулачками. Цилиндрические хвостовики применяются для сверл диаметром до 20мм. Конические хвостовики предназначены для закрепления

сверла в специальном коническом шпинделе станка. На конце конического хвостовика сверла имеется плоский шлиц для предотвращения проворачивания сверла. Конические хвостовики применяются для сверл диаметром от 5мм.

Диаметры сверл, мм, под метрическую резьбу с крупным шагом

Номинальный диаметр резьбы, мм	Материал обрабатываемой заготовки	
	чугун, бронза	сталь, латунь
1,0	0,75	0,75
1,2	0,95	0,95
1,4	1,10	1,10
1,7	1,35	1,35
2,0	1,60	1,60
2,3	1,90	1,90
2,6	2,15	2,15
3,0	2,50	2,50
3,5	2,90	2,90
4,0	3,30	3,30
5,0	4,10	4,20
6,0	4,90	5,00
7,0	5,90	6,00
8,0	6,60	6,70
9,0	7,60	7,70
10,0	8,30	8,40
11,0	9,30	9,40
12,0	10,00	10,10
14,0	11,70	11,80
16,0	13,80	13,90
18,0	15,10	15,30
20,0	17,10	17,30

Для установки и крепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком применяются патроны.

Трехкулачковый сверлильный патрон состоит из корпуса, внутри которого наклонно расположены три кулачка. Обойма вращается специальным ключом, вставляемым в отверстие корпуса патрона, при ее вращении вращается также и гайка. Зажимные кулачки при этом поднимаются, расходясь от оси патрона, между ними образуется отверстие, в которое вставляют хвостовик сверла.

При вращении обоймы в обратную сторону зажимные кулачки сходятся, закрепляя инструмент и одновременно ориентируя его по оси патрона.

При обработке отверстий на сверлильных станках всех типов (настоельных, вертикальных) используются различные приспособления. Наиболее распространенными являются машинные тиски различных конструкций, призмы, упоры, угольники, кондукторы и целый ряд других специальных приспособлений.

Прихваты, призмы и угольники широко применяются из-за простоты конструкции и универсальности.

Машинные тиски предназначены для закрепления заготовок при их обработке на различных типах сверлильных станков. Они являются наиболее универсальными и поэтому широко применяются при обработке отверстий. В

зависимости от конструкции различаются винтовые, быстродействующие и пневматические тиски.

Для закрепления заготовок и обеспечения правильного расположения инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия используются специальные приспособления – **кондукторы**. Применение такого рода приспособлений экономически обосновано только в условиях серийного и массового производства, когда количество деталей в партии составляет более 100 штук.

Приспособления для ограничения глубины сверления – глубина сверления при обработке отверстий может быть ограничена за счет использования упоров, устанавливаемых под торец шпинделя станка, при помощи специального стопорного кольца, которое закрепляется в нужном положении непосредственно на инструменте, а также за счет использования линейки, имеющейся на станке и позволяющей отсчитывать величину перемещения вершины сверла от торца обрабатываемой заготовки.

3.Заточка сверл

При обработке рабочая часть сверла изнашивается, а режущая кромка затупляется.

При заточке режущей части сверла придают различную форму, выбор которой производится в зависимости от характера выполняемых работ и обрабатываемого материала.

При обработке отверстий диаметром от 0,25 до 12мм в стали, чугуне, стальном литье применяется одинарная (нормальная) заточка.

При сверлении отверстий диаметром от 12 до 80мм в стальном литье по литейной корке используется одинарная заточка с подточкой перемычки – поперечной кромки.

При сверлении отверстий диаметром от 12 до 80мм в стали и стальном литье со снятой литейной коркой используется одинарная заточка с подточкой перемычки и ленточки.

При сверлении отверстий диаметром от 12 до 80мм в чугунном литье по литейной корке применяется двойная заточка с подточкой перемычки.

При сверлении отверстий диаметром от 12 до 80мм в чугунном литье со снятой литейной коркой выполняется двойная заточка с подточкой перемычки и ленточки.

Основные правила заточки сверл

1. Необходимо отрегулировать положение подручника заточного станка таким образом, чтобы между ним и периферией заточного круга был зазор не менее 2мм. Следует проверить наличие и исправность экрана заточного станка.

2. Необходимо соблюдать следующие требования к заточке сверл

- заточку следует производить периферией заточного круга;
- в левой руке должна находиться режущая часть сверла режущими кромками вверх, в правой руке – хвостовик сверла;
- кисть левой руки должна опираться на подручник станка.

3. При заточке следует периодически проверять правильность заточки сверла по специальному шаблону:

- длина режущих кромок должна быть одинаковой;
- угол заточки при вершине сверла должен соответствовать шаблону4
- углы между кромками и боковой поверхностью сверла должны быть одинаковыми;

- Углы заострения должны быть равны и соответствовать шаблону.

4. Необходимо заправить режущие кромки сверла на бруске.

5. Необходимо произвести пробное сверление отверстия заточенным сверлом:

- стружки от обеих режущих кромок должны быть одинаковой толщины (проверять визуально);

- диаметр просверленного отверстия должен точно соответствовать диаметру сверла;

- отверстие не должно смещаться более чем на 0,2мм (проверка осуществляется по контрольным рискам).

6. Необходимо соблюдать следующие требования правил безопасности:

- заточку сверл малого диаметра надо производить на мелкозернистом круге;

- запрещается выполнять заточку сверл на заточном станке без подручника и с неисправным защитным кожухом или без него;

- категорически запрещается осуществлять заточку сверл «на весу», то есть без использования подручника;

- обязательно, особенно при заточке сверл большого диаметра, опускать защитный экран, при отсутствии экрана заточку сверл производить с использованием защитных очков во избежание попадания абразивной пыли в глаза.

4.Оборудование для обработки отверстий

Ручное оборудование

Различают следующие типы оборудования для обработки отверстий: ручное; ручное механизированное; стационарное.

Ручное оборудование – это оборудование, в котором в качестве привода используется мускульная энергия человека; к нему относятся ручные дрели и трещотки.

Ручная дрель предназначена для сверления отверстий вручную. При работе ручной дрелью сверло закрепляют в патроне, левой рукой берут неподвижную рукоятку, а правой – подвижную. Упираясь грудью в упор-нагрудник, правой рукой вращают ручку дрели. Через зубчатую передачу сверлу сообщается вращательное движение. При работе необходимо следить за тем, чтобы сверло направлялось точно по оси обрабатываемого отверстия.

Основные правила сверления ручной дрелью

1. Необходимо прочно закреплять заготовку в тисках, а сверло – в патроне дрели.

2. Необходимо прочно закреплять рукоятку на валу дрели.

3. Переставляя рукоятку на разные валы редуктора дрели, следует рационально регулировать частоту вращения сверла в зависимости от его

диаметра. При диаметре сверла до 5мм необходимо быстрое вращение, а при диаметре свыше 5мм – медленное вращение.

4. При сверлении не следует допускать перекоса сверла, кроме того, необходимо следить за перпендикулярностью сверла плоскости сверления.

5. При сверлении рукоятку дрели следует вращать равномерно, плавно, без рывков. Нажатие на упор дрели следует производить равномерно и постоянно в течение всего процесса сверления. Отступление от этого правила может привести к поломке сверла.

6. В конце сверления при входе сверла из материала нужно ослабить нажатие на упор дрели и снизить частоту вращения сверла.

Трещотка применяется лишь в тех случаях, когда для обработки отверстия нельзя использовать ни сверлильный станок, ни дрель.

Электрические дрели легкого типа применяются для сверления отверстий диаметром до 10мм, среднего типа – диаметром до 15мм, тяжелого типа – диаметром до 32мм. При работе электрической дрели легкого и среднего типа удерживают в руках.

Основные правила сверления ручной электрической дрелью

- до начала работы необходимо проверить исправность электрического провода и вилки;

- перед началом сверления необходимо проверить работу дрели на холостом ходу, а также убедиться в отсутствии биения сверла. При необходимости сверло следует либо заменить, либо закрепить заново.

- при сверлении отверстий в заготовках из высокопрочных сталей следует пользоваться смазывающе-охлаждающей жидкостью;

- останавливать вращение электрической дрели следует только после выведения сверла из отверстия.

Стационарное оборудование для сверления

Стационарным называется оборудование, находящееся на постоянном месте, при этом обрабатываемая заготовка доставляется к нему. К стационарному оборудованию относятся настольные, вертикальные станки.

Вертикально-сверлильные станки являются основным и наиболее распространенным типом сверлильных станков, применяемым для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера. Эти станки позволяют выполнять следующие виды работ: сверление, рассверливание, зенкерование, зенкование, цекование и развертывание. Круг этих операций можно существенно расширить, применяя специальный инструмент.

Основные правила работы на сверлильном станке

Сверление следует производить только правильно заточенным сверлом, при необходимости нужно произвести переточку или заправку сверла. Контроль заточки необходимо осуществлять с помощью шаблона или специального угломера.

Необходимо прочно закреплять сверло с цилиндрическим хвостовиком в патроне: торец сверла следует упереть в дно патрона, а затем закрепить его, поочередно вставляя ключ во все гнезда патрона.

Необходимо прочно закреплять сверло с коническим хвостовиком (патрон со сверлом) в шпинделе станка.

Для обеспечения прочного и безопасного крепления обрабатываемой детали необходимо:

- крупные корпусные заготовки закреплять на столе станка;
- призматические заготовки средней величины (длина 100...120мм, ширина 50...60мм, высота 30...40мм) закреплять в машинных тисках;
- небольшие заготовки (длина 70...80мм, толщина 1...5мм) закреплять в ручных тисочках;
- заготовки цилиндрической формы устанавливать и закреплять на призмах.

В месте сверления на детали нужно делать глубокое (1,0...1,5мм) керновое углубление.

Сверление отверстий больших диаметров (свыше 10мм) необходимо выполнять в два приема: вначале сверлом диаметром 5...6мм, а затем сверлом необходимого диаметра.

Необходимо правильно определять скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала и рационально настраивать станок на частоту вращения шпинделя.

Следует соблюдать правильную последовательность сверления при ручной подаче сверла:

- совместить вершину сверла с керновым углублением на заготовке;
- включить станок;
- сверлить отверстие на полную глубину;
- при выходе сверла из отверстия нажатие ослабить.

Необходимо правильно определять величину автоматической подачи и настраивать станок на эту величину.

Следует соблюдать правильную последовательность обработки сквозных отверстий при автоматической подаче сверла:

- совместить вершину сверла с керновым углублением на детали;
- включить станок;
- просверлить отверстие на глубину 3...5мм, используя ручную подачу;
- не выводя сверла из отверстия, включить автоматическую подачу;
- сверлить отверстие на полную глубину.

При сверлении отверстий по кондуктору необходимо соблюдать следующие правила:

- заготовка должна быть прочно закреплена в кондукторе или кондуктор на заготовке;
- диаметр сверла должен точно соответствовать диаметру отверстия во втулке кондуктора.

При сверлении стальных деталей следует применять смазывающую жидкость.

Чугунные детали нужно сверлить без охлаждения сверла.

После окончания работы следует проверить соответствие просверленных отверстий (диаметр, глубину) и межцентровых расстояний требованиям чертежа.

Обязательно останавливать станок в случае:

- уходя от него даже на короткое время;
- прекращения работы;
- обнаружения неисправностей в стопке, принадлежностях, приспособлениях и режущем инструменте;
- смазывание станка;
- установки или смены режущего инструмента, приспособлений, принадлежностей и т.д.;
- уборки станка, рабочего места и стружки с инструмента, патрона и заготовки.

5. Типичные дефекты при обработке отверстий, причины их появления и способы предупреждения

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Перекося отверстия.	Стол станка неперпендикулярен шпинделю. Попадание стружки под нижнюю поверхность заготовки. Неправильные (непараллельные) подкладки. Неправильная установка заготовки на столе станка. Неисправные и неточные приспособления.	Выверить правильность положения стола. При установке очищать стол и заготовку от грязи и стружки. Исправить или заменить прокладки. Проверить установку и крепление заготовки. Заменить приспособление исправным.
Смещение отверстия.	Биение сверла в шпинделе. Увод сверла в сторону. Неправильная установка или слабое крепление заготовки на столе (при сверлении заготовка сместилась). Неверная разметка при сверлении по разметке.	Устранить биение сверла. Проверить правильность заточки сверла, выверить его на биение и правильно заточить. Проверить установку и крепление заготовки, надежно закрепить ее на столе станка. Правильно разметать заготовку.
Завышенный диаметр отверстия.	Люфт шпинделя станка. Неправильные углы заточки сверла или разная длина режущих кромок. Смещение поперечной режущей кромки.	Во всех перечисленных случаях следует правильно переточить сверло.
Грубо обработана поверхность стенок отверстия.	Завышена подача сверла. Тупое и неправильное заточенное сверло. Некачественная установка заготовки или сверла. Недостаточное охлаждение или неправильный состав охлаждающей жидкости.	Правильно заточить сверло. Проверить правильность крепления сверла и обрабатываемой заготовки. Увеличить охлаждение сверла или заменить охлаждающую жидкость.
Увеличение глубины отверстия.	Неправильная установка упора на глубину.	Точно установить упор на заданную глубину резания.

6. Требования безопасности труда при работе на сверлильном станке

- надев спецодежду, волосы тщательно заправить под берет;
- убедиться в наличии и надежности креплений защитного кожуха ременной передачи, а также соединение защитного заземления с корпусом станка;
- расположить инструменты и заготовки в определенном установленном порядке на тумбочку или специальном приспособлении, убрать все лишнее;
- надежно закрепить сверло в патроне и обрабатываемую деталь на столе станка в тисках и не удерживать их руками в процессе обработки;
- проверить исправную работу станка на холостом ходу;

- не оставлять ключа в сверлильном патроне после смены режущего инструмента;
- пуск станка производить при твердой уверенности в безопасности работы;
- следить за работой насоса и количеством охлаждающей жидкости, поступающей к месту обработки;
- не браться за вращающийся режущий инструмент и шпиндель;
- не вынимать рукой сломанных режущих инструментов из отверстия, пользоваться для этого специальными приспособлениями;
- не нажимать сильно на рычаг подачи при сверлении заготовок за рабочий ход (особенно сверлами малого диаметра);
- при смене патрона или сверла подкладывать деревянную подкладку на стол станка под шпиндель;
- для удаления сверлильного патрона, сверла или переходной втулки из шпинделя пользоваться специальным ключом либо клином;
- постоянно следить за исправностью режущего инструмента и устройств для крепления заготовок и инструмента;
- не передавать и не принимать каких-либо предметов через работающий станок;
- не работать на станке в рукавицах;
- не опираться на станок во время его работы;
- не смазывать и не охлаждать сверло во время работы станка с помощью мокрых тряпок;
- не оставлять работающий станок без присмотра;

Требования безопасности труда при работе ручной электрической дрелью

- до начала работы необходимо проверить исправность электрического провода и вилки;
- перед началом сверления необходимо проверить работу дрели на холостом ходу, а также убедиться в отсутствии биения сверла. При необходимости сверло следует либо заменить, либо закрепить заново;
- при сверлении отверстий в заготовках из высокопрочных сталей пользоваться смазывающе-охлаждающей жидкостью;
- останавливать вращение электрической дрели следует только после выведения сверла из отверстия;
- запрещается сверлить незакрепленную или слабо закрепленную заготовку;
- следует убирать волосы под головной убор;
- запрещается сильно нажимать на подачу сверла, особенно при сверлении отверстий малого диаметра;
- запрещается наклоняться близко к месту сверления во избежание попадания стружки в глаза;
- запрещается сдвигать стружку.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависят различные формы и углы заточки режущей части сверла?

2. От чего зависит износ режущего стержневого инструмента для обработки отверстий?
3. От чего зависит скорость резания при обработке отверстия?
4. Какое оборудование применяется при сверлении?
5. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при сверлении ручной дрелью?
6. В какой последовательности выполняют заточку сверла?
7. Как уменьшить трение при сверлении?
8. Какие виды сверл применяются в слесарном деле?
9. Какие могут встретиться дефекты и как их устранить при обработке отверстий?
10. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при сверлении электрической дрелью?
11. Как определить годность заготовки?
12. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при сверлении деталей?

Практическое занятие № 7

Тема: Сверление и опилование шайб

Цель: Научиться сверлить отверстия на сверлильном станке в плоской шайбе с последующей доводкой до требуемых размеров

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Подготовленная заготовка
2. Сверлильный станок, набор свёрл, тиски, напильники и другой слесарный инструмент
3. Учебная и техническая литература.

Задание:

1. Изучить теоретические основы
2. Выполнить задание в соответствии с вариантом
3. Ответить на контрольные вопросы

Теоретические сведения

Припуски на обработку отверстий

Припуск – это слой материала, подлежащий снятию при обработке. Величина этого слоя зависит от требований, предъявляемых к обработанной поверхности и вида обработки.

При сверлении припуск на обработку составляет половину диаметра сверла. При рассверливании припуск определяется в зависимости от требований к обработанной поверхности и от необходимости в ее дальнейшей обработке (зенкерование, развертывание). Припуск на зенкерование, в зависимости от того, является оно предварительным (перед развертыванием) или окончательным, составляет от 0,5 до 1,2 мм. Величина припуска зависит также от диаметра обрабатываемого отверстия. Припуск на развертывание зависит от диаметра обрабатываемого отверстия и от требований, предъявляемых к качеству обработанной поверхности и составляет от 0,05 до 0,3 мм.

Требования безопасности труда при работе на сверлильном станке

- надев спецодежду, волосы тщательно заправить под берет;
- убедиться в наличии и надежности креплений защитного кожуха ременной передачи, а также соединение защитного заземления с корпусом станка;
- расположить инструменты и заготовки в определенном установленном порядке на тумбочку или специальном приспособлении, убрать все лишнее;
- надежно закрепить сверло в патроне и обрабатываемую деталь на столе станка в тисках и не удерживать их руками в процессе обработки;
- проверить исправную работу станка на холостом ходу;
- не оставлять ключа в сверлильном патроне после смены режущего инструмента;
- пуск станка производить при твердой уверенности в безопасности работы;
- следить за работой насоса и количеством охлаждающей жидкости, поступающей к месту обработки;
- не браться за вращающийся режущий инструмент и шпиндель;
- не вынимать рукой сломанных режущих инструментов из отверстия, пользоваться для этого специальными приспособлениями;
- не нажимать сильно на рычаг подачи при сверлении заготовок за рабочий ход (особенно сверлами малого диаметра);
- при смене патрона или сверла подкладывать деревянную подкладку на стол станка под шпиндель;
- для удаления сверлильного патрона, сверла или переходной втулки из шпинделя пользоваться специальным ключом либо клином;
- постоянно следить за исправностью режущего инструмента и устройств для крепления заготовок и инструмента;
- не передавать и не принимать каких-либо предметов через работающий станок;
- не работать на станке в рукавицах;
- не опираться на станок во время его работы;
- не смазывать и не охлаждать сверло во время работы станка с помощью мокрых тряпок;
- не оставлять работающий станок без присмотра;

Величина зуба напильника определяется числом насечек, приходящихся на 1 см длины и по этому признаку напильники делятся на шесть классов.

1 - й класс

- напильники драчевые, имеющие от 4,5 до 12 насечек на 1 см длины (насечка крупная). Применяется для грубой черновой обработки при необходимости снятия толстого слоя металла (не менее 0,25 - 0,5 мм); точность обработки детали не превышает 0,1 - 0,15 мм.

2 - й класс

- напильники личные (или шлифные) имеют от 13 до 24 насечек на 1 см (насечка мелкая). Применяются для чистовой обработки поверхностей при снятии слоя металла толщиной 0,1 - 0,15 мм; точность обработки до 0,025 - 0,050 мм.

3, 4, 5 и 6 - й классы

- напильники бархатные имеют соответственно 30 - 40; 40 - 50; 50 - 63; 63 - 80 насечек (насечка очень мелкая) и служат для наиболее точной обработки

деталей, для отделки и шлифования поверхностей. Точность обработки изделий до 0,005 - 0,010 мм. После опиловки поверхности бархатным напильником она не имеет видимых или осязаемых пальцами штрихов.

В табл. 1 даны классы шероховатости и соответствующие им величины высот микронеровностей поверхности, получаемые при разных видах слесарной обработки.

Таблица 1
Шероховатость поверхности, получаемая при разных видах слесарной обработки

Шероховатость		Характеристика поверхности	Вид обработки
Класс	Высота микронеровностей, мкм		
1–3	80–20	Грубо обработанная	Опиливание драчевыми напильниками, сверление
4–6	10–2,5	Мало видимые следы обработки	Опиливание личным напильником, сверление с развертыванием
7–9	1,25–0,32	Следы обработки незаметны невооруженным глазом	Опиливание бархатным напильником, шабрение, притирка, сверление и развертывание двумя развертками
10–14	0,16–1,011	Высокая степень гладкости	Опиливание бархатным напильником с полировкой мелом и тонким наждаком, притирка притиром, доводка

Правила безопасности труда при опиливании металла

- * перед началом работы необходимо проверить соответствие конфигурации и размеров заготовки требованиям чертежа;
- * необходимо прочно закреплять заготовку в тисках;
- * при выполнении чистовых отделочных операций опиливании необходимо пользоваться накладными губками;
- * следует выбирать номер, длину и сечение напильника в соответствии с техническими требованиями к обработке;
- * нельзя работать напильниками без ручек или с расколотыми ручками; ручки должны быть исправными и иметь полированную наружную поверхность и кольцо;
- * при опиливании заготовок с острыми кромками нельзя поджимать пальцы левой руки под напильником при обратном ходе;
- * не следует охватывать носок напильника снизу: при холостом ходе можно задеть за заготовку и поранить пальцы; при чрезмерном продвижении напильника вперед ручка может задеть за края заготовки, а хвостовик – выйти из ручки, что может привести к травме руки;
- * образующуюся в процессе опиливании стружку необходимо сметать с верстака волосяной щеткой;
- строго запрещается сбрасывать стружку обнаженными руками, сдвигать ее или удалять сжатым воздухом во избежание ранения рук и засорения глаз;
- * не проверять качество зачистки заготовки, проводя пальцами по ее кромке;
- * при зачистке заготовки шлифовальной шкуркой надевать рукавицу на руку, которая держит заготовку;

* работать следует в головных уборах во избежание попадания стружки в волосы;

* во избежание травматизма верстак, тиски, рабочий и измерительный инструмент должны содержаться в порядке и храниться в надлежащих местах.



Рисунок 2. Готовое изделие

Контрольные вопросы:

1. Техника безопасности при работе на сверлильном станке.
2. Какой инструмент применяют для окончательной обработки шайб?
3. Техника безопасности при опиливании.
4. Какой припуск на окончательную обработку оставляют при сверлении шайбы?

Практическое занятие № 9

Тема: «Нарезание внутренней резьбы М10»

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить Нарезание внутренней резьбы

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Заготовки для нарезания внутренней метрической резьбы, метчики, воротки, маслѐнки
3. Учебная литература.

Задание.

1. Рассчитать диаметр сверла и произвести сверление отверстий на сверлильном станке под резьбу М10.
2. Нарезать внутреннюю метрическую резьбу М10 и произвести оценку качества резьбы
3. Ответить на контрольные вопросы.

Сведения из теории

Метрическая резьба имеет профиль равностороннего треугольника с углом при вершине 60° , вершины выступов винта и гайки срезают во избежание заедания резьбы при свинчивании. Метрические резьбы бывают с крупным и мелким шагом, выраженным в миллиметрах. Резьбы с крупным шагом М20 (число – диаметр винта), с мелким шагом М20×1,5 (число – номинальный диаметр резьбы и ее шаг). Их применяют как крепежные: с крупным шагом – при значительных нагрузках и для крепежных деталей (гаек, болтов), с мелким шагом – при малых нагрузках тонких регулировках.

Нарезание внутренней резьбы

Внутреннюю резьбу ручным способом нарезают метчиками, которые вставляют в вороток.

Для перехода от неполной к полной метрической или дюймовой крепежной резьбе используют комплект метчиков – три метчика с разной глубиной резьбы. Сначала первым метчиком намечают в отверстии резьбу, снимая небольшой слой металла, а затем нарезают полную резьбу, применяя второй и третий метчики.

Для того чтобы различить метчики одного комплекта, на их хвостовую часть помимо обозначения размера резьбы наносят круговые риски: одну для чернового метчика, две – для среднего и три – для чистового. Заборная часть инструмента для черновой обработки имеет 6-8 витков, для промежуточной – 3-4, а чистовой – всего 1,5 -2 витка. Величина срезаемого слоя металла распределяется между метчиками комплекта следующим образом: первый метчик снимает 50% припуска; второй – 30%, а третий калибрует резьбу, окончательно удаляя 20% припуска.

Для нарезания резьбы метчиком деталь с просверленным отверстием или гайку прочно зажимают в тисках, чтобы ось отверстия была вертикальна. Для вывода стружки и образования режущих кромок в метчиках имеются четыре продольные канавки. Метчиком надо работать плавно, без рывков. На каждый оборот метчика в рабочую сторону делать $\frac{1}{4}$ оборота в обратную сторону, чтобы ломалась стружка.

Для получения чистой и полной резьбы диаметр отверстия должен строго соответствовать размеру резьбы. Если диаметр отверстия больше требуемого, резьба получится неполной, если меньше, метчик будет вращаться туго и может сломаться.

Основные размеры метрической резьбы, мм

Диаметр резьбы		Шаг резьбы	Глубина	Зазор
наружный, дн	внутренний, двн	S	t	L
4	3,028	0,7	0,486	0,032
5	3,889	0,8	0,556	0,036
6	4,611	1,0	0,695	0,045
8	6,264	1,25	0,868	0,056
10	7,916	1,5	1,042	0,068
12	9,569	1,75	1,216	0,080
14	14,527	2,5	1,389	0,080
16	13,222	2,0	1,389	0,113
18	14,527	2,5	1,737	0,113
20	16,527	2,5	1,737	0,113

Правила техники безопасности при нарезании резьбы ручным способом

- при нарезании резьбы вручную в заготовках с сильно выступающими острыми частями необходимо следить за тем, чтобы при повороте метчика с воротком не поранить руку;
- во избежание поломки метчика нельзя работать затупившимся метчиком, а при нарезании резьбы в глухих отверстиях следует чаще удалять стружку из отверстия;
- особую осторожность следует соблюдать при нарезании резьб малого диаметра (5мм и ме-нее) во избежание поломки метчика;
- надев спецодежду, волосы тщательно заправить под берет;

- необходимо прочно закреплять заготовку в тисках;
- при опиливании заготовок с острыми кромками нельзя поджимать пальцы левой руки под напильником при обратном ходе;
- во избежание травматизма верстак, тиски, рабочий и измерительный инструмент должны содержаться в порядке и храниться в надлежащих местах.

Контрольные вопросы:

1. В какой последовательности нарезается внутренняя резьба вручную?
2. В каких случаях применяют комплекты из двух и трех метчиков?
3. Что является причиной срыва резьбы при нарезании резьбы?
4. Какие виды брака возможны при работе затупленными инструментами?
5. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать нарезании резьбы ручным способом

Практическое занятие №10.

Тема: «Клёпка»

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить клёпку деталей

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Заготовки для клёпки, слесарный верстак, приспособления для клёпки(натяжки, обжимки), молотки, тиски
3. Учебная литература.

Задание.

1. Произвести клёпку заготовок из металла.
2. Ответить на контрольные вопросы.

1. Клепка

Если сборочная единица (узел соединения) в процессе эксплуатации будет подвергаться большим динамическим нагрузкам и способ соединения пайкой неприменим вследствие относительно невысокой прочности; к тому же детали изготовлены из металлов, обладающих плохой свариваемостью, то в этих случаях применяют заклепочные соединения.

Клепка – это процесс соединения нескольких деталей с помощью заклепок.

Заклепка представляет собой стержень с закладной головкой, с другой стороны стержня в процессе клепки образуется замыкающая головка. Закладные головки заклепочных стержней могут иметь разную форму. Замыкающие головки могут быть образованы прямым и обратным методом. При **прямом методе** удары наносят со стороны замыкающей головки и для хорошего соприкосновения склепываемых деталей необходимо их плотное обжатие. При **обратном методе** удары наносят со стороны закладной головки и плотное соединение деталей достигается одновременно с образованием замыкающей головки.

Процесс клепки состоит из двух этапов:

I подготовительный

II собственно клепка

• **подготовительный процесс** включает в себя сверление или пробивку отверстия под заклепку и формирование углубления в нем с помощью зенкования под закладную и замыкающую головки, если это необходимо;

• **собственно клепка** включает в себя установку заклепки в подготовительное отверстие, натяжку склепываемых заготовок, формирование замыкающей головки и зачистку после клепки.

Типы заклепок:

с полукруглой головкой – применяется при монтажных работах;

с цилиндрической головкой - применяется при монтажных работах;

с потайной головкой - применяется при монтажных работах;

с полупотайной головкой - применяется при монтажных работах;

взрывная заклепка – в случаях, если необходимо сформировать в соединении замыкающую головку;

трубчатая заклепка – для соединения тонких металлических листов и деталей из неметаллических материалов.

Заклепочным швом называется место соединения деталей при помощи заклепок.

В зависимости от характера соединения и его назначения заклепочные швы подразделяют на три вида: прочные, плотные и прочноплотные.

Прочный шов применяется в тех случаях, когда необходимо получить соединение повышенной прочности. Как правило, это соединения в различных несущих конструкциях: балки, колонны, подъемные сооружения и другие подобные конструкции.

Плотный шов используется при клепке резервуаров и сосудов для жидкостей, трубных соединений для транспортировки газов и жидкостей под небольшим давлением.

Прочноплотный шов служит для соединения деталей в устройствах и конструкциях, работающих под большим давлением, например в паровых котлах.

Саму операцию клепки предваряет подготовка деталей к осуществлению этого вида соединений. Сначала нужно разметить заклепочный шов: если клепка будет происходить внахлестку, то размечается верхняя деталь, для клепки встык размечается накладка.

При этом необходимо соблюдать шаг между заклепками и расстояние от центра заклепки до кромки детали. Так, для однородной клепки - $t = 3d$, $a = 1,5d$, для двухрядной – $t = 4d$, $a = 1,5d$, где t – шаг между заклепками, a – расстояние от центра заклепки до кромки детали, d – диаметр заклепки.

Далее следует просверлить и прозенковать отверстия под заклепочные стержни, при подборе диаметра сверла следует учесть, что для заклепок диаметром до 6мм нужно оставить зазор в 0,2мм, при диаметре заклепки от 6 до 10мм зазор должен быть 0,25мм, при диаметре от 10 до 18мм – 0,3мм. При сверлении отверстий необходимо строго соблюдать угол между осью отверстия и плоскостями деталей в 90° . Клепку ведут **холодным** и **горячим** способами. **Холодным способом** клепка выполняется без разогрева заклепок. Диаметр заклепок при этом способе не превышает 8мм. Диаметр отверстия должен быть больше диаметра заклепки на 0,1...0,2мм. **Горячая клепка** ведется заклепками, предварительно нагретыми, до $500...700^\circ\text{C}$. Это обеспечивает повышение пластичности металла, уменьшение усилий при клепании, полное заполнение

отверстий, более легкое образование замыкающей головки и повышенную плотность соединения за счет стягивания соединяемых деталей при остывании заклепок. Диаметр отверстий при горячей клепке должен быть больше диаметра заклепок на 0,5...1мм. Клепка производится вручную и механизировано.

2. Инструменты и приспособления для ручной клепки

Для ручной клепки применяются следующие инструменты: слесарный молоток с квадратным бойком, поддержка под закладную головку, бородок, обжимку и натяжку.

Бородок применяют для правки и центровки отверстий под заклепки, пробивки мелких отверстий в тонколистовой стали и для выбивки забракованных заклепок.

Слесарный молоток для выполнения клепки выбирается по весу, в зависимости от диаметра заклепки:

Поддержка служит для удержания заклепки во время нанесения ударов молотка и плотного прижатия закладной головки к склепываемому пакету деталей. Поддержка представляет собой массивный стержень с углублением в торце, в которое упирается закладная головка.

Натяжка служит для осаживания листов, подлежащих клепке, вдоль стержня заклепки. По оси натяжки выполняется глухое отверстие, в которое входит стержень заклепки при осаживании листов, подлежащих соединению. Диаметр отверстия натяжки не должен превышать диаметра заклепки более чем на 1,0...1,5мм.

Обжимка представляет собой стержень, на конце которого выполнено углубление для формирования после осаживания бойком молотка замыкающей полукруглой головки заклепочного соединения. Форма этого углубления должна соответствовать форме замыкающей головки. Потайные замыкающие головки оформляются бойком молотка без обжимки.

Чеканы представляют собой зубило с плоской и закругленной частью; они применяются для создания герметичности заклепочного шва, которая достигается за счет подчеканивания краев листов в заклепочном шве.

При ручной клепке необходимо соблюдать следующие правила

1. Перед началом работы следует проверить:

- совпадение отверстий в склепываемых деталях;
- соответствие диаметра стержня заклепки диаметру отверстия (диаметр заклепки должен быть меньше диаметра отверстия на 0,1...0,5мм в зависимости от размеров);
- длину стержня заклепки для получения полноценной замыкающей головки (определить расчетом или по таблице).

2. Зенкование отверстия под потайную головку (закладную или замыкающую) следует выполнять с контролем глубины и диаметра углубления под головку при помощи контрольной заклепки.

3. Склепывание деталей необходимо производить с упором потайной закладной головки заклепки в плиту, полукруглой закладной заготовки – в поддержку со сферическим углублением соответствующего размера.

4. Следует обязательно осаживать склепываемые детали (особенно небольшой толщины – до 5мм) натяжкой с отверстием, соответствующим диаметру стержня заклепки.

5. Запрещается забивать заклепку в отверстие, если она не входит в него свободно.

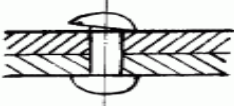
6. При расклепывании заклепок шарнирного соединения (типа плоскогубцев) необходимо подкладывать между соединяемыми деталями шарнира тонкую бумажную прокладку и по ходу расклепывания стержня заклепки периодически проверять подвижность шарнирного соединения.

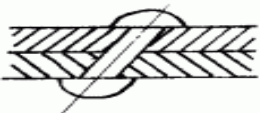
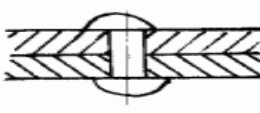
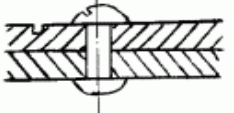
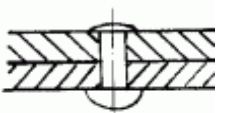
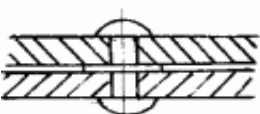
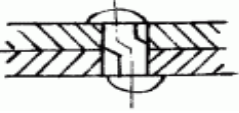
7. При клепке «на весу», то есть когда склепываемые детали находятся в вертикальном положении, а также при клепке пневматическим клепальным молотком работу следует выполнять вдвоем: один упирает в закладную головку поддержку, а второй расклепывает стержень заклепки для образования замыкающей головки.

8. При кустарном изготовлении заклепки следует использовать прутки или проволоку из мягкой стали, меди или алюминия, применяя для этого специальное приспособление.

При выполнении клепки крупногабаритных деталей широко применяются ручные механизированные инструменты и стационарное клепальное оборудование: клепальный молоток 57 КМП-4, ручной переносной пневматический пресс ПРП 5-2, пневморычажный стационарный пресс КП 204-М, клепальные клещи.

3. Типичные дефекты клепки, причины их появления и способы предупреждения

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Заклепка перекашивается при расклепывании.	Диаметр отверстия больше требуемого. Наносятся косые удары по стержню заклепки.	Правильно выбирать заклепку по диаметру отверстия – заклепка должна входить в отверстие свободно, но без качки. Соблюдать правила клепки.
Прогиб листовой заготовки при постановке заклепки.	Диаметр стержня заклепки больше диаметра отверстия – заклепку в отверстие забивали	Заклепку из отверстия выбить, осадить прогнутое место, при необходимости «поправить» отверстие, просверлив его заново.
Стержень заклепки при расклепывании изгибается (особенно при небольших диаметрах – до 5мм).	Слишком большой вылет стержня заклепки.	Выбить заклепку из отверстия и заменить ее. Если заклепку удалить невозможно, то необходимо укоротить стержень до требуемой длины.
Замыкающая головка не полная.	Длина стержня заклепки меньше расчетной.	Выбить заклепку из отверстия и заменить ее. Отсортировать заклепки по длине.
«Вздутие» металла под головками заклепок при склепывании деталей из листового металла (при толщине не менее 5мм).	Клепка производилась без осаживания листов (деталей) натяжкой.	Заклепку выбить из отверстия и клепку повторить с обязательным осаживанием мест клепки натяжкой.
Вмятины на головках заклепок и склепываемых деталей.	Неаккуратная работа, замыкающие полукруглые головки не отделялись сферической обжимкой.	При образовании замыкающей полукруглой головки обязательно пользоваться сферической обжимкой.
Вид брака	Схематическое изображение	Причина
Неплотное прилегание головки.		Перекус обжимки при клепке.

Смещение головок.		Косо просверленное отверстие.
Смещение одной головки.		Скос на торце стержня заклепки.
Зарубки на головке или около нее		Смещение обжимки при клепке.
Маломерная замыкающая головка.		Недостаточная длина стержня заклепки.
Расплющивание стержня между поверхностями склепываемых деталей.		Неплотное прилегание деталей друг к другу во время клепки.
Изгиб стержня в отверстии.		Несоответствие диаметра стержня диаметру отверстия.

4. Правила безопасности труда при клепке

- нельзя проверять совпадение отверстий ни чем, кроме бородка;
- инструмент, используемый при клепке должен быть исправен и предназначен для этой операции;
- необходимо следить, чтобы в процессе нанесения ударов по обжимке было исключено нанесение ушибов и ранений.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды соединения деталей и в чем сущность процесса клепки?
2. Почему заклепки следует изготавливать из пластичных материалов?
3. Охарактеризовать основные инструменты, применяемые при клепке?
4. Почему материал склепываемых деталей и заклепки должен быть одинаковым?
5. Как определить длину стержня заклепки?

Практическое занятие № 11

Тема: Шабрение и притирка сопрягаемых деталей

Цель: Научиться использовать слесарный инструмент и производить шабрение и притирку сопрягаемых деталей

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Заготовки для шабрения и притирки
2. Слесарный инструмент (шаберы, притиры)
3. Учебная и техническая литература

Задание:

- 1.Изучить теоретические основы
- 2.Выполнить шабрение и притирку сопрягаемых деталей
- 3.Ответить на контрольные вопросы

Теоретические сведения

Шабрение. Представляет собой слесарную операцию по снятию очень тонких слоев металла (толщиной 0,005...0,07 мм) для окончательной отделки прилегающих поверхностей с целью обеспечения их плотного прилегания. Шабрение осуществляется вручную, с помощью ручного механизированного инструмента и на станках. Во всех случаях основным режущим инструментом служат шаберы, которые могут быть плоскими, плоскими изогнутыми, трехгранными, фасонными и иметь односторонние и двусторонние режущие грани.

Плоские шаберы применяют для обработки плоских поверхностей, изогнутые — для отделки пазов и канавок и обработки мягких металлов (баббит, алюминий и др.). Трехгранными шаберами обрабатывают криволинейные вогнутые поверхности, фасонными — труднодоступные места. Для обработки чугуна служат шаберы, оснащенные пластинами из твердых сплавов (ВК6 и др.).

Перед шабрением поверхность металла окрашивают смесью машинного масла с лазурью, суриком или синькой. Для этого краску наносят сначала на плиту тампоном, а уже с плиты краска переносится на деталь при круговых ее перемещениях по окрашенной поверхности плиты. Шабрению подвергают сначала сильно окрашенные места, т. е. наиболее выступающие, а затем слабее окрашенные. Ведут шабрение (рис. 3.13) «от себя» и «на себя». Шабер держат под углом 25...80° к обрабатываемой поверхности. Ведут шабрение, меняя на угол 40...60° направление движения шабера. Весь процесс включает черновое, получистовое и чистовое шабрение. После каждой обработки проверяется качество шабрения на краску (по количеству пятен на площади 25X25 мм). Если этих пятен стало 20...25, шабрение заканчивают.

На криволинейные поверхности краска наносится с помощью окрашенного сопряженного вала. Шабрение ведется по дуге трехгранным шабером. Так как ручное Шабрение трудоемко, его механизуют с помощью пневматических и электромеханических шаберов.

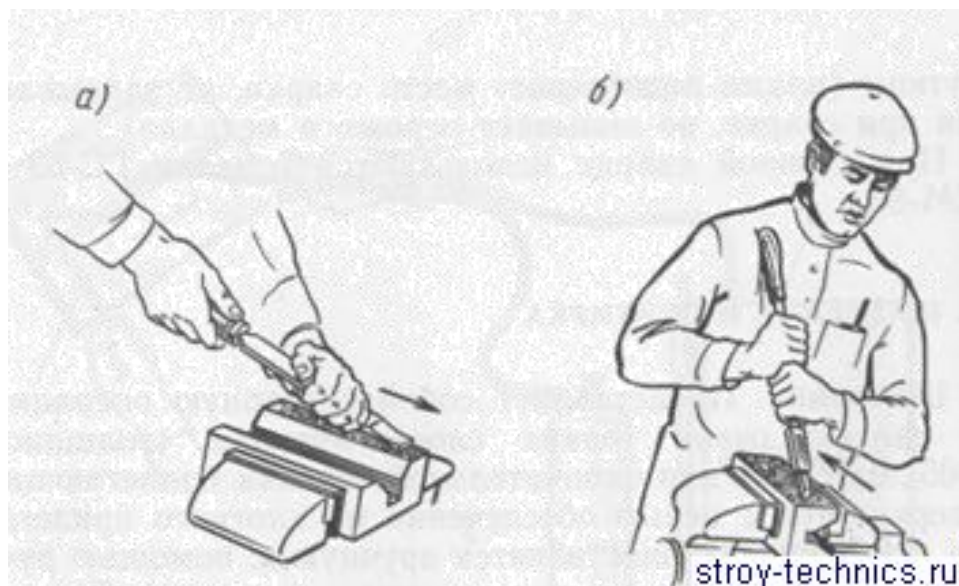


Рис. 1. Приемы шабрения:
а — «от себя»; б — «на себя»

Притирка. Служит для достижения высокого качества поверхности деталей, работающих в контакте друг с другом, и обеспечения плотности и герметичности места сопряжения. При притирке точность обработки поверхности достигает 0,0001 мм, поэтому она является самой тонкой операцией по обработке поверхностей. Притирка ведется с использованием твердых и мягких абразивных материалов.

К твердым абразивным материалам относятся такие естественные (природные) минералы, как естественный корунд, наждак, кварц, кремнь и алмаз, и такие искусственные материалы, как нормальный, белый и хромистый электрокорунды, а также монокорунд, карбиды кремния, бора, синтетический алмаз и альбор. При чем притирка стали осуществляется электрокорундами и монокорундом, для притирки чугунов применяются карбиды кремния.

К мягким абразивным материалам принадлежат пасты ГОИ трех сортов (грубые, средние и тонкие), алмазные пасты (крупная, средняя, мелкая, тонкая). Мягкими абразивными материалами притирают отожженную сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы. Особенно успешно пастами ведутся окончательные доводочные притирочные работы (до зеркального блеска поверхности).

Одновременно с абразивными материалами при притирке применяют в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей керосин, бензин, минеральные масла, содовую воду.

Притирку ведут специальным инструментом — притиром, который может быть плоским, цилиндрическим и пр., в зависимости от формы обрабатываемой поверхности. Притиры изготавливают из чугуна, бронзы, меди, стекла, дуба, клена и др.

Предварительная притирка осуществляется, как правило, медными притирами с канавками, окончательная — гладкими чугунными притирами.

Под пасты ГОИ хорошо подходят притиры из литого стекла.

Притирка начинается с процесса нанесения на притиры абразивных материалов, называемого шаржированием. Плоские притиры шаржируются с помощью закаленного стального валика или бруска. Для этого абразивы предварительно насыпаются либо на притир, либо на плиту, по которой затем

перекачивается валик. Иногда притир покрывается предварительной смазкой, к которой прилипают абразивные зерна. Круглый притир шаржируется между двумя плитами.

Плоские поверхности деталей притираются на плоских притирочных плитах круговыми движениями детали (рис. 3.14, а). Хорошие результаты дает одновременная притирка тонких деталей, собранных в пакет (рис. 3.14, б). Притирка конических поверхностей осуществляется путем вращения в обе стороны детали воротком или коловоротом. Так притирают пробковые краны и клапаны (рис. 3.14, в).

Ручная притирка — трудоемкий и длительный процесс. Более производительна притирка с использованием специальных притирочных станков, а также обыкновенных сверлильных и строгальных станков, соответственно приспособленных для этого.

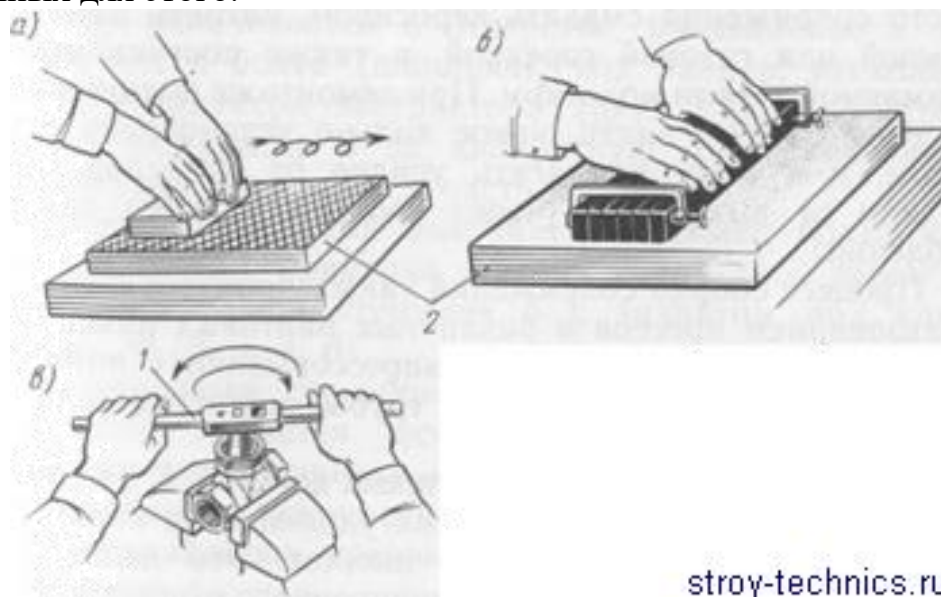


Рис. 2. Приемы притирки деталей:

а — плоской детали; б — пакетов однотипных деталей; в — конусных поверхностей; 1 — вороток; 2 — притирочная плита

Качество притирки проверяется лекальными линейками, шаблонами, на просвет и краской (по количеству пятен).

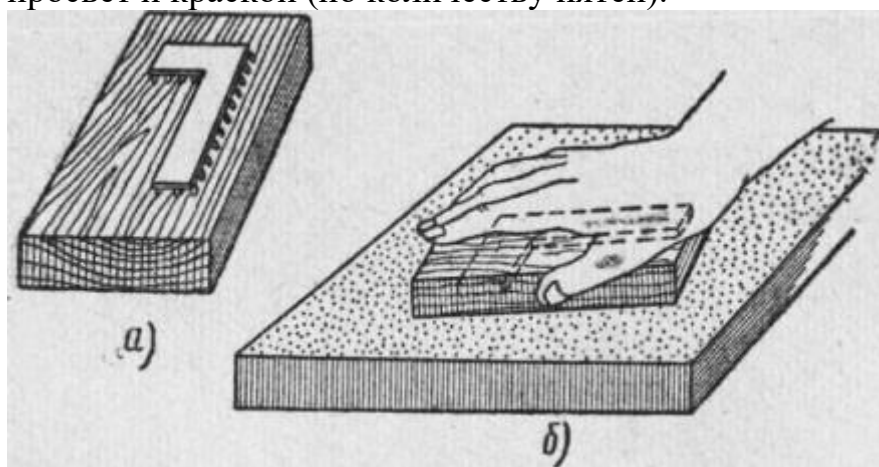


Рис. 2. Притирка плоских сторон угольника: а — угольник закреплен на деревянном бруске, б — прием притирки угольника на плите

Задание 1. Притереть широкие плоскости угольника (рис. 2).

Порядок работы следующий:

1) смочить рабочую поверхность плиты керосином и затем начисто ее вытереть;

- 2) нанести на плиту тонкий слой пасты ГОИ;
- 3) укрепить угольник на деревянном бруске при помощи гвоздиков без шляпок, промыть его керосином и насухо вытереть;
- 4) наложить угольник на притирочную плиту;
- 5) перемещать угольник притираемой поверхностью по плите от одного края до другого;
- 6) после десяти проходов удалить отработанную пасту и нанести на плиту новый слой пасты;
- 7) чередовать притирку с нанесением пасты до получения матовой или глянцевой поверхности.

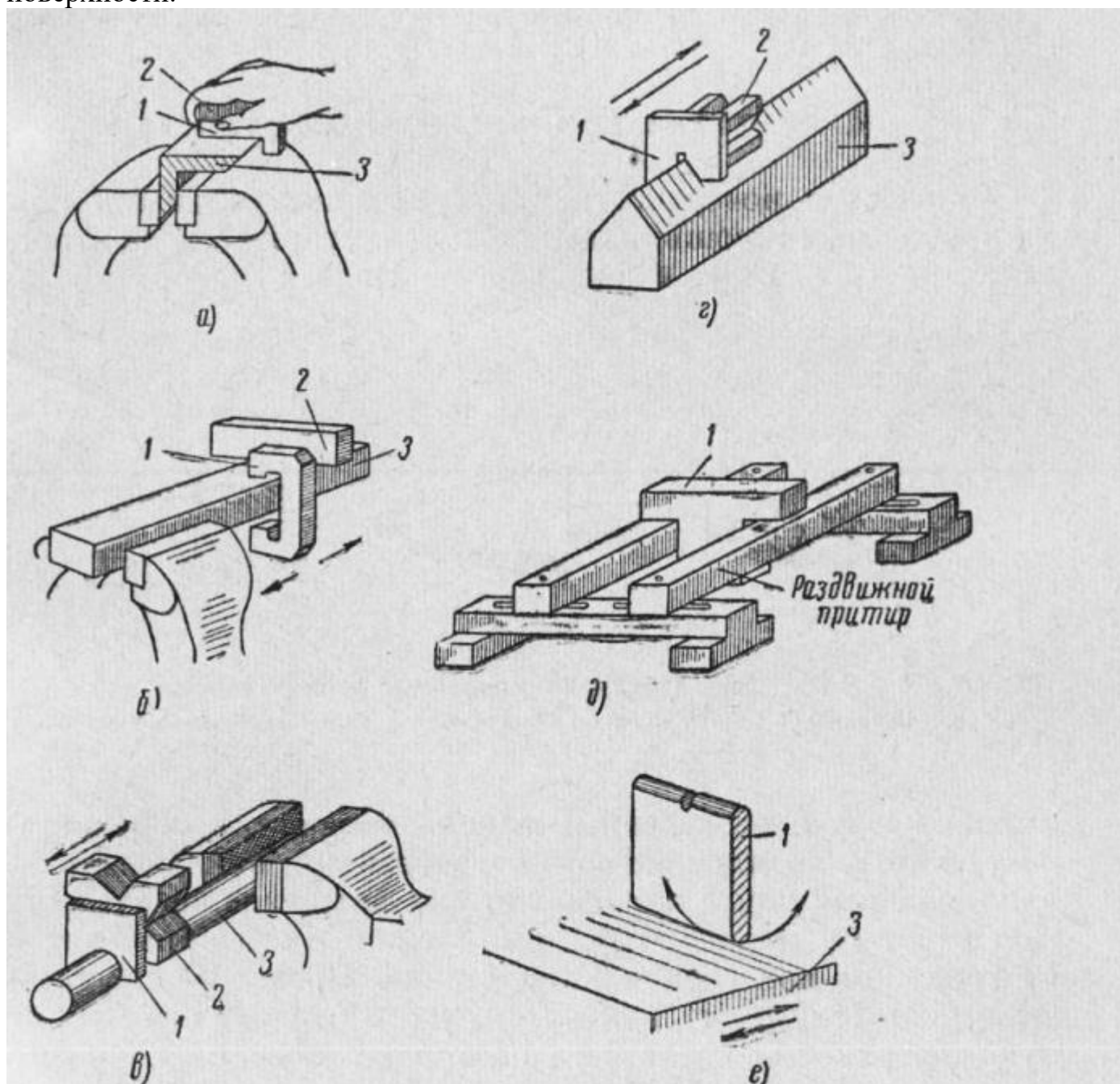


Рис. 3. Притирка внутренних мерительных поверхностей: а — шаблона (угольника), б — скобы, в — шаблона с полукруглой выемкой, г — углового шаблона, д — шаблона (высотомера), е — шаблона с закруглениями; 1 — изделие, 2 — направляющий брусок, 3 — притир

Задание 2. Притереть узкие измерительные поверхности внутреннего угла шаблона или угольника (рис. 3).

Притирку надо производить так:

- 1) зажать притир в виде угольника в тисках;
- 2) смочить рабочую поверхность притира керосином и затем начисто вытереть ее;
- 3) нанести на притир тонкий слой пасты ГОИ;
- 4) промыть керосином и протереть насухо обрабатываемую деталь и направляющий брусок;
- 5) наложить на притир направляющий брусок, приставить к нему притираемую деталь;
- 6) передвигать деталь вместе с направляющим бруском по поверхности притира;
- 7) после пяти-семи проходов удалить отработанную пасту и нанести на притир новый слой пасты;
- 8) чередовать притирку с нанесением пасты до получения матовой или глянцевой поверхности;
- 9) после окончания притирки первой стороны угла шаблона или угольника выполнить таким же образом притирку второй стороны.

Контрольные вопросы:

1. Опишите процесс шабрения
2. Опишите подготовительные работы перед шабрением
3. Какими абразивными материалами пользуются при шабрении?
4. Для каких целей проводят притирку?
5. Какие материалы и приспособления используют при притирке?

Практическое занятие №12

Тема: «Шабрение»

Цель: Научиться применять слесарный инструмент и производить шабрение взаимосопрягаемых поверхностей металла

Время: 2 часа.

Оборудование и материалы.

1. Металл для шабрения, слесарный верстак, шабер, краска, тиски
3. Учебная литература.

Задание.

1. Произвести шабрение взаимосопрягаемых заготовок из металла.
2. Ответить на контрольные вопросы.

1. Шабрение

Шабрение – это окончательная слесарная операция, заключающаяся в соскабливании очень тонких слоев материала с поверхности заготовки с помощью режущего инструмента – шабера.

Шабрение применяется в тех случаях, когда необходимо обработать поверхности с очень малой шероховатостью. Шабрением обрабатываются как плоские, так и криволинейные поверхности (например, направляющие станков), поверхности подшипников скольжения, детали приборов, а также поверхности различных инструментов и приспособлений (например, поверочные плиты, угольники, линейки).

За один проход шабер может удалять с поверхности заготовки очень тонкий слой металла толщиной не более 0,7мм. При средних усилиях, прикладываемых к инструменту, толщина снимаемой стружки составляет 0,01...0,03мм.

Для того чтобы определить на деталях участки, на которых необходимо производить шабрение, используется шабровочная краска (смесь машинного масла и сажи). Если требуется определить такие участки на мелких деталях, то шабровочную краску тампоном наносят на слесарную плиту тонким слоем, на нее осторожно опускают проверяемой плоскостью деталь и медленно передвигают ее по всей поверхности плиты круговыми движениями, а затем также осторожно снимают деталь с плиты. Большие детали и заготовки обрабатывают краской на месте краску наносят на контрольную плитку, опускают плитку на плоскость детали и круговыми движениями проходят всю эту плоскость.

И в этом, и в другом случае пятна, оставшиеся на поверхности детали, указывают места шабрения, причем белые пятна (отсутствие краски) указывают наиболее углубленные участки поверхности детали, темные пятна (толстый слой краски) – менее углубленные, а серые пятна (тонкий слой краски) – наиболее выступающие части (они и подвергаются шабрению).

После каждого цикла шабрения обрабатываемую поверхность насухо вытирают и проверку на шабровочную краску повторяют. Качество шабрения определяется с помощью контрольной рамки 25×25мм, ее накладывают на прошабренную поверхность и считают число пятен:

- шабрение считается грубым, если число пятен в рамке 5...6;
- шабрение считается чистовым, если число пятен в рамке 6...10;
- шабрение считается точным, если число пятен в рамке 10...14;
- шабрение считается тонким, если число пятен в рамке более 22.

2. Инструменты и приспособления для шабрения

Режущим инструментом при шабрении является шабер.

Шаберы, предназначенные для снятия тончайших слоев металла с поверхности заготовки, классифицируют:

- **по конструкции** – цельные и составные;
- **по форме режущей кромки** – плоские, трехгранные, фасонные;
- **по числу режущих граней** – односторонние и двухсторонние.

Выбор шабера по форме и геометрическим параметрам зависит от свойств обрабатываемого материала и, конечно же, от формы и размеров прошабриваемой поверхности:

- для обработки краев заготовки удобнее всего использовать шабер с прямой режущей кромкой;
- плоским поверхностям более подходит шабер с радиусной режущей кромкой;
- криволинейные и внутренние поверхности деталей шабруют трехгранными и фасонными шаберами.

Рабочее положение шабера, угол наклона к шабруемой поверхности – 30...40°.

Рабочий ход – либо вперед, от себя, либо назад, на себя – производится с усилием.

Холостой ход – возвращение шабера в исходное положение – производится с отрывом режущей кромки от обрабатываемой поверхности. Начинают шабрение длинным ходом – 15...20мм, по мере выравнивания поверхности длина хода сокращается до 2...5мм. Направление движений шабера каждый раз нужно изменять, чтобы штрихи или нанесенные, пересекались между собой под углом 45...60°.

Для чернового шабрения применяются шаберы с шириной режущей кромки 20...30мм, для чистового – 15...20мм и для отделочного – 5...12мм.

Для шабрения плоских поверхностей используют одно- или двухсторонние шаберы с прямолинейной или криволинейной режущей кромкой. Торцевая поверхность шабера затачивается под углом заострения 90...100° по отношению к оси инструмента. При черновой обработке угол заострения равен 75...90°, при чистовой – 90°, а при отделочной – 90...100°. Угол заострения для чугуна и бронзы выбирается равным 90...100°, для стали – 75...90°, а для мелких металлов – 35...40°.

Для шабрения вогнутых поверхностей предназначены трехгранные шаберы, которые имеют три режущие кромки и могут быть прямыми и изогнутыми, их угол заострения составляет 60°.

Поскольку шабрение является заключительной операцией слесарной обработки, то качество ее выполнения необходимо контролировать в течение всего процесса. Для этих целей предназначены поверочные инструменты.

Поверочные инструменты, применяемые при шабрении, позволяют проверять плоскость обработанных поверхностей и плотность их прилегания друг к другу. К поверочным инструментам относятся поверочные плиты и линейки, трехгранные угловые линейки, поверочные валики.

Поверочные плиты используются при контроле широких плоских поверхностей.

Угловые плиты обеспечивают контроль шабрения поверхностей, расположенных под прямым углом.

Поверочные линейки применяют при контроле длинных и сравнительно узких поверхностей.

Трехгранные угловые линейки служат для контроля шабрения поверхностей, расположенных под внутренним углом.

Контрольные валики предназначены для контроля цилиндрических поверхностей и выемок.

Контроль качества шабрения этими инструментами основан на выявлении неровностей на обработанной поверхности. Эти дефекты становятся видимыми при наложении обработанной поверхности на окрашенный поверочный инструмент, или наоборот, после наложения окрашенного инструмента на обработанную поверхность и их взаимного перемещения друг относительно друга.

Весьма важным является хранение поверочного инструмента в надлежащем состоянии, поэтому после работы его следует очищать, смазывать и только после этого укладывать в футляр и накрывать крышкой.

Приспособления для шабрения: для удобства шабрения небольшие по размеру заготовки закрепляются в тисках и других подобных приспособлениях.

Более крупные заготовки закрепляются в специальных устройствах или поворотных приспособлениях, которые позволяют поворачивать заготовку в процессе обработки в наиболее удобное для шабрения положение.

3.Заточка инструмента

Заточка инструмента состоит из трех этапов: предварительная заточка, заправка и доводка.

Предварительная заточка осуществляется на заточных станках. При этом необходимо выполнять все правила техники безопасности, предусмотренные при работе на таких станках. Абразивные круги, используемые на заточных станках, имеют достаточно крупные абразивные зерна, которые оставляют следы (риски) на заточенной поверхности, что недопустимо вследствие очень жестких требований, предъявляемых к шероховатости обработанной поверхности. Поэтому после заточки шаберы необходимо подвергнуть дополнительной обработке – заправке.

Заправка шаберов осуществляется на абразивных брусках с очень мелкими зернами, которые обеспечивают удаление с рабочей поверхности следов (рисок) оставшихся после заточки. Поверхность бруска при заправке смазывается тонким слоем машинного масла, затем шабер устанавливается на него торцевой поверхностью и поступательно перемещается вдоль бруска. Для получения закругленной поверхности на режущей части шабера одновременно с поступательным движением вдоль бруска ему придают небольшое колебательное движение относительно собственной оси. После заправки режущей кромки переходят к обработке широких плоскостей шабера, также перемещая его по бруску.

Для выполнения особо точных работ после заправки на бруске шабер дополнительно доводят.

Доводка шабера осуществляется на чугунной плите с использованием мелкозернистых абразивных порошков, смешанных с машинным маслом.

В процессе шабрения необходимо внимательно следить за состоянием режущей кромки инструмента и качеством обработанной поверхности, периодически заправляя шабер по мере его затупления.

Критерии оценки качества обработанной поверхности

Процесс шабрения считается законченным после достижения определенной точности, которая при контроле на краску с применением поверочных инструментов определяется по числу контактных пятен на обработанной поверхности, приходящихся на определенную площадь этой поверхности. В качестве единицы площади обработанной поверхности принят **квадрат со сторонами 25×25мм**; чем больше пятен расположено на этой поверхности и чем равномернее они распределены, тем выше качество шабрения.

При контроле качества шабрения используют **специальную рамку**, которую накладывают на поверхность, и подсчитывают количество пятен, находящихся в окне рамки. Для обеспечения большей объективности контроля подсчет пятен проводится в нескольких местах обработанной поверхности, а качество обработки оценивается по среднему арифметическому значению числа пятен.

Для контроля качества шабрения криволинейных поверхностей применяется **целлулоидный шаблон**, который в процессе контроля воспроизводит форму обработанной поверхности. На таком шаблоне нанесена сетка с квадратами 25×25мм, используя которую легко подсчитать количество пятен в квадрате на различных участках криволинейной поверхности. Шабрение считается удовлетворительным, когда 75% клеток шаблона содержат количество пятен, отвечающее техническим условиям.

4. Процесс выполнения операции шабрения

При шабрении необходимо соблюдать следующие правила:

Перед началом работы необходимо проверить:

- подлежащее шабрению поверхности на плоскость, сопряжение и качество подготовки (при необходимости зачистить);
- заточку и заправку шабера (при необходимости шабер заправить на бруске);
- краску для окрашивания проверочного инструмента (в ней не должно быть твердых включений и сухих крупинок);
- состояние проверочного инструмента на отсутствие царапин и забоин.

В процессе работы следует:

- нанести на поверхность заготовки краску с помощью проверочного инструмента;
- произвести удаление металла с окрашенных мест поверхности;
- вновь нанести краску на поверхность заготовки и удалить окрашенные места поверхности; процесс вести до тех пор, пока число пятен краски не будет соответствовать требованиям технических условий;
- осуществлять шабрение хорошо заточенным заправленным и доведенным шабером, периодически контролируя состояние режущей кромки заправляя и доводя ее;
- каждый проход при шабрении выполнять в разных направлениях, как правило, в два этапа:

предварительное шабрение – разделение крупных пятен на две-четыре части размером приблизительно 10×10мм так чтобы ими было равномерно покрыто 60...70% обработанной поверхности, обеспечивая при этом равномерное покрытие пятнами краски всей поверхности;

окончательное шабрение – обрабатывают поверхность, добиваясь равномерного расположения мелких пятен краски по всей поверхности, количество пятен в квадрате 25×25мм должно соответствовать требованиям технических условий;

- шабрение сопряженной плоской поверхности заготовки выполнять только после окончательной обработки базовой поверхности, которая обычно имеет большую площадь;
- шабрение плоской поверхности, параллельной ранее обработанной поверхности, выполнять с периодическим контролем при помощи индикатора часового типа;
- при шабрении сопряженной пары деталей сначала шабрить поверхность одной из них, а затем другой, используя первую в качестве проверочного инструмента при контроле «на краску»;

- заготовки с криволинейными поверхностями закреплять в приспособлении осторожно, избегая появления коробления и вмятин.

Окрашивание шабруемой поверхности

На поверхность проверочной плиты наносится тонкий слой краски. Поверхность заготовки (детали), подлежащая шабрению, очищается от стружки и грязи, промывается и протирается насухо чистой ветошью. Подготовленная таким образом заготовка (деталь) накладывается проверяемой поверхностью на окрашенную плиту и медленно передвигаться по ней. Если заготовка (деталь) имеет большие размеры, то окрашенная плита накладывается поверх детали, требующей шабрения. Выступающие на поверхности заготовки (детали) места будут окрашиваться; они и подлежат удалению в процессе шабрения.

Краски, применяемые для выявления неровностей на поверхности заготовки, подлежащей шабрению, и для контроля качества самого шабрения, представляют собой смесь машинного масла с лазурью, суриком или ультрамарином (синькой). Лазурь может быть заменена сажей, смешанной с автолом и керосином.

Шабрение плоских поверхностей

Шабрение плоских поверхностей начинают с края детали, наиболее удаленного от слесаря, и постепенно обрабатывают всю поверхность.

Шабрят при этом только места с крупными серыми пятнами, разбивая их на более мелкие.

После предварительной обработки, которая производится шабером с длиной режущей кромкой (20...30мм), переходят к окончательному шабрению, для которого, используется шабер с более короткой режущей кромкой (15...20мм). В ходе этой операции круглые пятна разбивают пополам, а продолговатые – на более мелкие в поперечном направлении.

Если необходимо добиться наибольшей точности поверхности или плотности прилегания деталей друг к другу, то следует произвести еще и точное шабрение инструментом с короткой режущей кромкой – 10...15мм.

Шабрение криволинейных поверхностей

При шабрении криволинейных поверхностей шабровочная краска наносится не на плиту, а на шаблон.

Приемы шабрения те же, что и при обработке плоских поверхностей, а из инструментов используют в основном трехгранные и изогнутые шаберы.

Сложность шабрения внутренних углов

Сложность шабрения внутренних углов сопряженных поверхностей заключается в том, что они очень часто бывают труднодоступны плоским шабером. Поэтому для обработки этих участков используются, как правило, фасонные шаберы.

Шабрение – трудоемкая операция. Для повышения производительности труда применяются различные механизированные шаберы. При шабрении особое внимание следует уделять остроте заточки шаберов и умеренному нажиму на

шабер во время работы, а также внимательной проверке качества шабрения на краску.

5. Типичные дефекты при шабрении, причины их появления и способы предупреждения

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Шабер потерял твердость при заточке.	Сильное прижатие шабера к заточному кругу при заточке.	Соблюдать все правила заточки. Периодически охлаждать затачиваемую часть шабера в воде.
Заточка шабера без закругления.	Не соблюдались правила заточки шаберов.	Руководствоваться следующими правилами заточки шаберов: шабер для чернового шабрения необходимо затачивать с небольшим закруглением; чем точнее шабрение, тем закругление режущей кромки инструмента следует делать больше.
При проверке по плите обрабатываемой поверхности она полностью покрыта краской.	На плиту нанесен слишком большой слой краски.	Снять краску с поверхности детали и в нескольких местах плиты, остальную краску равномерно растереть по плите и повторить окраску поверхности детали для получения необходимой степени окрашивания.
Обрабатываемая поверхность детали долго не ложится на плиту.	Принят неправильный темп шабрения.	На плиту нанести тонкий слой краски, окрасившиеся места поверхности детали сшабривать полностью энергичными движениями шабера до тех пор, пока деталь нормально не «ляжет» на плиту.
На шабруемой поверхности глубокие царапины и задиры.	Шабрение направленным шабером на поверхность проверочной плиты попала стружка.	Тщательно заправить шабер на бруске; начисто протереть обрабатываемую поверхность детали и поверхность проверочной плиты. Заново покрыть ее слоем краски.
Пятна на пришабренной поверхности расположены равномерно, но слишком крупные.	Шабрение не окончено. Слишком большой слой краски на плите.	Продолжить работу, «разбивая» за каждый проход пятна в разных направлениях движения шабера. Следить за слоем краски на плите.
Пятна на пришабренной поверхности мелкие, но расположены неравномерно.	Шабрение не закончено.	При шабрении снимать пятна только в местах, где их много, до тех пор, пока пятна не расположатся на поверхности равномерно.
Сопряженные под углом поверхности детали при повторных проверках окрашиваются в разных местах.	Под поверхность базовой детали или под опорную поверхность проверочного угольника (призмы) попала стружка.	Тщательно протереть базовую и обрабатываемую поверхности, а также проверочную плиту и опорную поверхность проверочного угольника (призмы) перед проверкой обработанной детали.
На поверхности вкладыша (втулки) следы предварительной обработки, грубые царапины и задиры.	Шабрение не окончено.	Продолжить шабрение, проверяя его качество внешним осмотром и по контрольному валу.

6. Требования безопасности труда при шабрении

- обрабатываемая деталь должна быть надежно установлена и прочно закреплена;
- не допускается работа неисправными шаберами (без рукояток или с треснувшими рукоятками);

- при выполнении работ шлифовальными головками соблюдать правила электробезопасности;
- следить, чтобы ручки на напильниках и шаберах были плотно насажены;
- при заточке шаберов на абразивном круге пользоваться защитными очками;
- охлаждать шаберы при заточке их на абразивном круге.

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность процесса шабрения и достижимая точность?
2. Какие имеются конструкции шаберов?
3. В чем особенность заточки шаберов?
4. Какой поверочный инструмент применяется для контроля качества шабрения?
5. Почему режущую кромку шабера для чистового шабрения следует затачивать и заправлять с меньшей кривизной, чем у шабера для чернового шабрения?
6. Почему для шабрения вкладышей подшипников скольжения наиболее целесообразным является применение шаберов-колец?
7. Чем вызвана необходимость использования приспособлений при шабрении?
8. Почему механизация шабрения является более предпочтительной по сравнению с другими способами слесарной обработки?
9. Почему при замене ручного шабрения альтернативными методами обработки используются высокие скорости резания при малых подачах и глубинах резания?

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БЛОКИРОВОК

Для трех технологических станций производственного цеха необходимо разработать релейно-контакторную схему, используя комплект электрооборудования: реле, кнопки управления, переключатели режимов работы, звуковой сигнал и три конденсаторных однофазных асинхронных двигателя с короткозамкнутым ротором типа РД-ОЭ.

Для питания цепей управления (цепей катушек реле) в комплект оборудования может быть включен двухполупериодный выпрямитель. Напряжение на выходе выпрямителя соответствует номинальному напряжению катушек реле, равному 24 В.

Напряжение питания двигателей (главных цепей) – 220В. Принципиальная схема включения обмоток двигателя и его изображение приведены на рис. 13.

При подаче напряжения питания (220В) на клеммы “В” и “0” ротор двигателя вращается по часовой стрелке, то есть в направлении “Вперед”. Если к сети подключаются клеммы “Н” и “0”, то ротор будет вращаться в противополо-

ложном направлении.

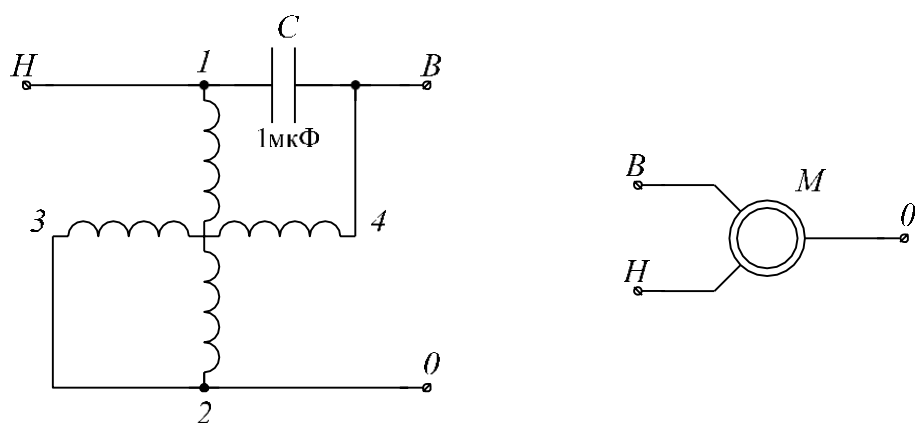


Рис.13.Принципиальная схема включения обмоток конденсаторного однофазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Аппаратура управления двигателями разбита на три группы, в каждую из которых входят 3 промежуточных реле (РПУ-1, РПУ-0, РПГ), две кнопки управления (“Пуск” и “Стоп”) и переключатель режимов работы. Каждая группа имитирует местную станцию управления. Две оставшиеся кнопки управления применяются для централизованного управления пуском и остановом двигателей.

Обозначение, тип и количество аппаратов, а также количество контактов каждого аппарата, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Электрические аппараты и их характеристики

Условное обозначение	Наименование аппарата	Тип	Кол-во аппарат	Кол-во контактов	
				замыкающих	размыкающих
<i>K1–K3</i>	Реле	РПУ-1	3	4	4
<i>K4–K6</i>	Реле	РПУ-0	3	3	3
<i>K7–K9</i>	Реле ¹	РПУ-110222	3	2□2	–
<i>SB1–SB8</i>	Кнопка управления	КЕ-011	8	1	1
<i>SM1–SM3</i>	Переключатель режимов ²	ПЕ-031	3	2□1	

¹Контакты реле могут использоваться только для коммутации слаботочных цепей. В каждом реле имеется две катушки.

² Имеет три фиксированных положения (1–0–2). В положении “0” оба контакта разомкнуты; при повороте влево на 90° один контакт замкнут (1), другой разомкнут (2); при повороте вправо на 90° состояние контактов меняется на противоположное (рис. 14).

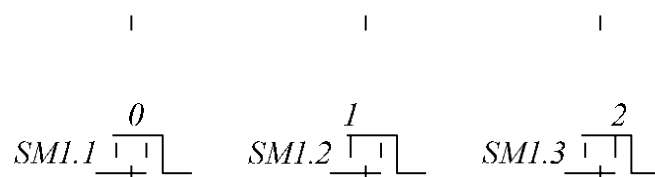


Рис. 14. Принципиальная схема переключателя режимов в трех различных положениях переключателя состояния

Варианты для составления схем Вариант

1

1. Пуски и остановка каждого двигателя осуществляется своей кнопкой.

2. Электрическая блокировка должна обеспечить зависимую последовательность ручного пуска в порядке: 1, 2, 3-й двигатели.

3. Останов двигателей должен быть ручным в обратной последовательности, то есть 3, 2, 1-й. Обеспечить невозможность останова в любой другой последовательности.

4. Возможность толчкового пуска любого двигателя для опробования с помощью местных переключателей режимов.

Вариант2

1. Централизованный пуск всех двигателей (от одной кнопки), обеспечивающий зависимую последовательность пуска: 1, 2, 3-й двигатели.

2. Останов всех двигателей от одной кнопки “Стоп” с централизованного пульта управления в той же зависимой последовательности, что и пуск.

3. Одновременный останов всех двигателей от любой из трех местных кнопочных станций.

4. Возможность независимого пуска и работы в длительном режиме каждого двигателя путем предварительной установки всех местных переключателей режимов на положение “Изолированный пуск”.

Вариант3

1. Централизованный пуск (от одной кнопки) всех двигателей, обеспечивающий зависимую последовательность пуска: 1, 2, 3-й двигатели.

2. Останов всех двигателей от одной кнопки с централизованного пульта в обратной зависимой последовательности, то есть 3, 2, 1-й.

3. Одновременный останов всех двигателей от любой из трех местных кнопочных станций.

4. Возможность независимого опробования каждого двигателя путем установки переключателя режимов на положение “Толчковый режим” (“Опробование”).

Вариант4

1. Пуск двигателей $M1$, $M2$ и $M3$ возможен только после подачи звукового сигнала.
2. После пуска любого из двигателей звуковой сигнал должен автоматически прерываться.
3. Возможность пуска и работы в длительном режиме любого одного двигателя, одновременного пуска и работы любых двух или всех трех двигателей.
4. Звуковой сигнал перед пуском может быть прерван от любой из трех местных кнопок “Стоп”. От этих же кнопок должен осуществляться одновременный останов двигателей.

Вариант5

1. Зависимая последовательность пуска двигателей $M1$ и $M3$ в направлении “Вперед” от одной кнопки.
2. Независимый пуск двигателя $M2$ в направлении “Назад”.
3. Автоматический останов двигателя $M1$ и реверс двигателя $M3$ сразу после пуска двигателя $M2$.
4. Одновременный останов двигателей от централизованной кнопки “Стоп”.
5. Возможность толчкового опробования каждого двигателя в заданных направлениях вращения с использованием местных переключателей режимов.

Вариант6

1. Пуск и останов каждого двигателя осуществляется своей кнопкой.
2. Электрическая блокировка должна обеспечить зависимую последовательность ручного пуска в порядке: 1, 2, 3-й двигатели.
3. Останов двигателей должен быть ручным в той же зависимой последовательности, то есть 1, 2, 3-й двигатели. Обеспечить невозможность останова в любой другой последовательности.
4. Возможность толчкового пуска любого двигателя для опробования с помощью местных переключателей режимов.

Вариант 7

1. Централизованный пуск (от одной кнопки) всех двигателей, обеспечивающий зависимую последовательность пуска: 1, 2, 3-й двигатели.

2. Останов двигателей должен быть ручным в обратной последовательности, то есть 3, 2, 1-й. Обеспечить невозможность останова в любой другой последовательности.

3. Одновременный останов всех двигателей от централизованной кнопки.

4. Возможность независимого пуска и работы в длительном режиме каждого двигателя путем предварительной установки всех местных переключателей режимов на положение “Изолированный пуск”.

Вариант 8

1. Независимый пуск двигателя $M1$ в направлении “Назад”.

2. Зависимая последовательность пуска двигателей $M3$ и $M2$ в направлении “Вперед” от одной кнопки.

3. Автоматический реверс двигателя $M1$ сразу после пуска двигателя $M2$ и останов двигателя $M3$.

4. Одновременный останов двигателей от централизованной кнопки “Стоп”.

5. Возможность толчкового опробования каждого двигателя в заданных направлениях вращения с использованием местных переключателей режимов.

Вариант 9

1. Пуск каждого двигателя осуществляется своей кнопкой.

2. Электрическая блокировка должна обеспечить зависимую последовательность ручного пуска в порядке: 1, 2, 3-й двигатели.

3. Останов всех двигателей от одной кнопки с централизованного пульта в обратной зависимой последовательности, то есть 3, 2, 1-й.

4. Возможность пуска и работы в длительном режиме любого одного двигателя, одновременного пуска и работы любых двух или всех трех двигателей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНЫХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

МЕХАНИЗМЫ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ В ФУНКЦИИ ПУТИ

Для макета производственного механизма циклического действия (возвратно-поступательное перемещение) необходимо разработать релейно-контакторную схему, используя комплект электрооборудования: реле, кнопки управления, путевые выключатели и электродвигатели.

Производственный механизм (рис.15) работает следующим образом. Двигатель $M1$ (1) через цепную передачу (3) перемещает механизм суппорта (4), воздействующим на путевые (конечные) выключатели SQ (5), которые расположены в крайних положениях хода механизма “вперед” и “назад”. На самом производственном механизме расположен двигатель $M2$ (2), на вал которого насажен эксцентрический диск.

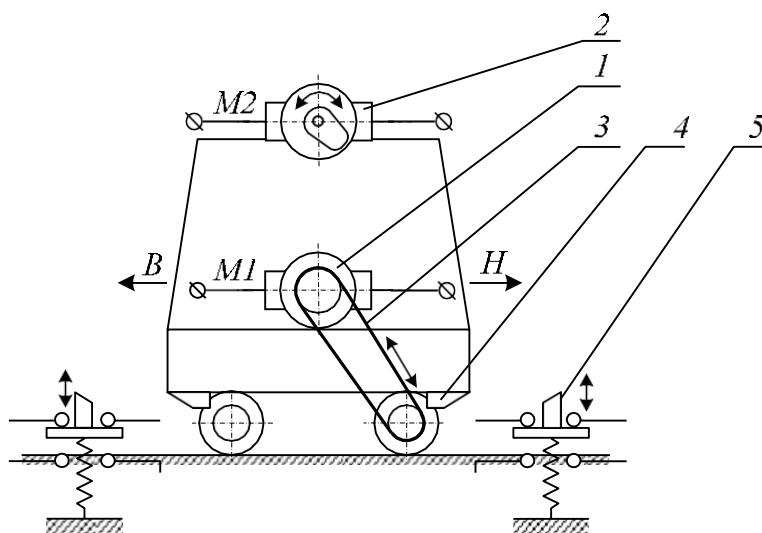


Рис.15.Макет производственного механизма

В качестве рабочих двигателей $M1$ и $M2$ используются электродвигатели постоянного тока малой мощности. Двигатель $M1$ с независимым (параллельным) возбуждением, а двигатель $M2$ с последовательным возбуждением (рис.16). Двигатель $M2$ имеет три вывода “ B ”, “ H ” и “ 0 ” и в зависимости от то-

го, на какие зажимы (“В-0” или “Н-0”) подано напряжение, может обеспечить вращение вала в направлении как “вперед”, так и “назад”.

Напряжение питания двигателей 220 В и катушек аппаратов управления 24 В. В качестве источника питания используется выпрямитель.

Обозначение, тип и количество аппаратов, а также количество контактов каждого аппарата, приведены в табл. 3.

Защита оборудования и подача питания на механизм осуществляются автоматом типа АК. При включении автомата загорается сигнальная лампочка.

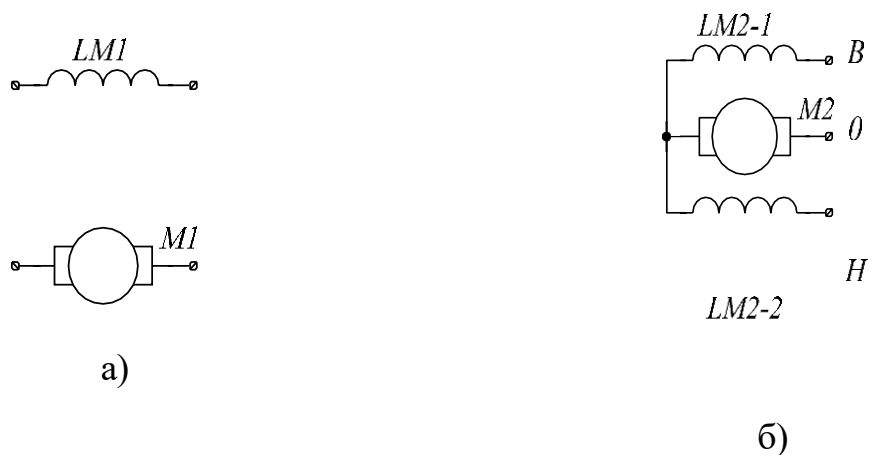


Рис.16. Принципиальные схемы включения двигателей постоянноготока с независимым (а) и последовательным возбуждением (б)

Таблица 3. Электрические аппараты и их характеристики

Условное обозначение	Наименование аппарата	Тип	Кол-во аппаратов	Кол-во контактов	
				замыкающих	размыкающих
K1–K5	Реле	РПУ-1	5	4	4
K6, K7	Реле	РПУ-2	2	2	2
KT1, KT2	Реле времени ¹	ЭМР В-27Б	2	1	1
SB1–SB4	Кнопка управления ²	КЕ-011	4	1	1
SQ1, SQ2	Путевой выключатель	ВК-211	2	1	1

¹Предназначены для обеспечения выдержки времени при включении.

²Кнопки *SB1* и *SB2* предназначены для централизованного пуска и останова. Кнопки *SB3* и

SB4 могут использоваться как “путевые выключатели” (“ручное ограничение хода”).

Варианты для составления схем

Вариант 1

1. Пуск двигателя $M1$ в направлении “вперед”.
2. Останов двигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “вперед”.
3. Автоматический пуск двигателя $M2$ сразу после отключения двигателя $M1$.
4. Пуск двигателя $M1$ в направлении “назад” через 5–10 с после пуска двигателя $M2$.
5. Совместная работа двигателей до момента подхода механизма к крайнему положению хода “назад”.
6. Останов обоих двигателей.
7. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–6 через 5–10 с.

Вариант 2

1. Пуск двигателя $M2$.
2. Автоматический пуск двигателя $M1$ в направлении “вперед” через 5–10 с после пуска двигателя $M2$.
3. Останов двигателя $M2$ сразу после пуска двигателя $M1$.
4. Останов двигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “вперед”.
5. Реверс двигателя $M1$ в направлении хода “назад”.
6. Пуск двигателя $M2$ сразу после реверса двигателя $M1$.
7. Совместная работа двигателей до момента подхода механизма к крайнему положению “назад”.
8. Останов обоих двигателей.
9. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–8 через 5–10 с.

Вариант 3

1. Одновременный пуск двигателей $M1$ (“вперед”) и $M2$.
2. Совместная работа двигателей до момента подхода механизма к крайнему положению хода “вперед”.
3. Отключение двигателя $M1$.

4. Отключение двигателя $M2$ через 5–10 с после останова двигателя $M1$.
5. Автоматический пуск двигателя $M1$ в направлении “назад” сразу после останова двигателя $M2$.
6. Останов двигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “назад”.
7. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–6 без паузы.

Вариант 4

1. Пуск двигателя $M1$ в направлении “вперед”.
2. Останов двигателя $M1$ от путевого выключателя, ограничивающего ход механизма “вперед”.
3. Автоматический пуск двигателя $M2$ через 5–10 с после останова двигателя $M1$.
4. Пуск двигателя $M1$ в направлении хода “назад” сразу после пуска двигателя $M2$.
5. Совместная работа двигателей до момента подхода механизма к крайнему положению хода “назад”.
6. Отключение двигателей от путевого выключателя.
7. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–6 через 5–10 с.

Вариант 5

1. Пуск двигателя $M1$ в направлении “вперед”.
2. Останов двигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “вперед”.
3. Автоматический пуск двигателя $M2$ сразу после отключения двигателя $M1$.
4. Пуск двигателя $M1$ в направлении “назад” через 5–10 с после пуска двигателя $M2$.
5. Отключение двигателя $M2$ сразу после пуска двигателя $M1$.
6. Отключение двигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “назад”.
7. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–6 через 5–10 с.

Вариант6

1. Пускдвигателя $M2$.
2. Пуск двигателя $M1$ в направлении “вперед” через 5–10с после пускадвигателя $M2$.
3. Отключениедвигателя $M2$ сразу после пускадвигателя $M1$.
4. Отключениедвигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “вперед”.
5. Автоматический пускдвигателя $M2$ сразу после остановадвигателя $M1$.
6. Автоматический пускдвигателя $M1$ в направлении “назад” через 5–10с после пускадвигателя $M2$.
7. Остановдвигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “назад”.
8. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–7 без паузы.

Вариант7

1. Пускдвигателя $M2$.
2. Пуск двигателя $M1$ в направлении вперед через 5–10с после пускадвигателя $M2$.
3. Совместная работа двигателей.
4. Остановдвигателя $M1$ в крайнем положении хода механизма “вперед”,
5. Пуск двигателя $M1$ в направлении “назад” через 5–10с после его останова.
6. Остановдвигателя $M2$ сразу после пускадвигателя $M1$.
7. Остановдвигателя $M1$ в крайней положении хода механизма “назад”.
8. Повторение цикла по пп. 1–7 ручное; оно возможно только в случае, если механизм находится в крайнем положении хода “назад”, то есть при нажатии на кнопку “Стоп” отключение двигателя $M1$ должно происходить в соответствии с п. 7.

Вариант8

1. Пускдвигателя $M2$ в направлении “вперед”.

2. Пуск двигателя *M1* в направлении “вперед” через 5–10с после пуска двигателя *M2*.
3. Останов двигателя *M2* сразу после пуска двигателя *M1*.
4. Останов двигателя *M1* в крайнем положении хода механизма “вперед”.
5. Реверс двигателя *M2* в направлении “назад”.
6. Пуск двигателя *M1* через 5–10с после реверса двигателя *M2*.
7. Совместная работа двигателей до момента подхода механизма к крайнему положению хода механизма “назад”.
8. Останов двигателей.
9. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–8 без паузы.

Вариант 9

1. Пуск двигателя *M1* в направлении “вперед”.
2. Отключение двигателя *M1* в крайнем положении хода механизма “вперед”.
3. Автоматический пуск двигателя *M2* сразу после останова двигателя *M1*.
4. Пуск двигателя *M1* в направлении “назад” через 5–10с после пуска двигателя *M2*.
5. Останов двигателя *M2* сразу после пуска двигателя *M1*.
6. Останов двигателя *M1* в крайнем положении хода механизма “назад”.
7. Автоматический пуск двигателя *M2* сразу после останова двигателя *M1*.
8. Останов двигателя *M2* через 5–10с после его пуска.
9. Автоматическое повторение цикла по пп. 1–8 без паузы.

Библиографический список

1. **Борисов, В.А.** Автоматическое управление электроприводами. Ч.1. Системы релейно-контакторного управления. Вып.1 (гл.1–4), вып.2 (гл. 5, 6) / В.А. Борисов – Иваново: ИЭИ-ВЗЭТ, 1969, 1970. – 32 с.
2. **Архангельский, Н.Л.** Руководство по проектированию элементов систем управления электроприводами: учеб. пособие / Н.Л. Архангельский, А.В. Виноградов, С.К. Лебедев – Иваново, ИГЭУ, 1999. – 116 с.
3. **Архангельский, Н.Л.** Типовые электрические схемы простых дискретных САУ / Н.Л. Архангельский – Иваново, Иван. гос. энерг. ун-т, 2000. – 76 с.
4. **Терехов, В.М.** Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – 2-е изд., стер. – М.: Изд. центр “Академия”, 2006. – 304 с.
5. **Тимофеев, В.С.** Релейно-контакторные схемы управления электроприводами / В.С. Тимофеев – Иваново, ИЭИ, 1993. – 32 с.
6. **Александров, К.К.** Электротехнические чертежи и схемы / К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

Тема Средства измерений.

Лабораторная работа №1

Исследование динамических характеристик терморезистивного преобразователя (ручной режим измерений)

Цель работы: изучение зависимости показаний терморезистивного преобразователя от времени пребывания в среде, температура которой измеряется. Определение влияния среды на время установления показаний терморезистивного преобразователя.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Для выполнения работы используется гидравлическая часть стенда. Вынуть один из терморезистивных преобразователей (датчик ДТ1) из емкости для нагревания.
2. Дождаться выравнивания его температуры и температуры воздуха в лаборатории, измерить температуру воздуха в лаборатории – $T_{\text{вк}}$, занести показания температуры в таблицу 2.1.
3. Заполнить емкость нагрева рабочей жидкостью (водой), включив насос и открыв краны 1, 3, 4. После наполнения емкости закрыть кран 4 и выключить насос.
4. Включить процесс нагрева. Отключить процесс нагрева по достижении заданной преподавателем температуры и дождаться установления показаний второго терморезистивного преобразователя (датчик ДТ2).
5. Ввести датчик ДТ1 в емкость, включить секундомер.
6. По мере прогрева датчика ДТ1 заносить текущие значения температуры $T_{\text{ж}i}$ и времени $t_{\text{ж}i}$ в табл. 2.2 (секундомер при этом не выключать), рекомендуемый шаг по времени 4-6 сек, первая точка соответствует времени по секундомеру $t=0$ сек. Процесс продолжать до выравнивания показаний

датчика ДТ1 и датчика ДТ2 (разность температур не более 1°C).

7. Занести показания датчика ДТ2 в табл.2.2 как $T_{жк}$.

8. Выключить секундомер, сбросить его показания.

9. Вынуть датчик ДТ1 из емкости, повесить на стенд так, чтобы с металлический стержень не касался частей стенда.

10. По мере остывания датчика ДТ1 заносить текущие значения температуры $T_{вi}$ и времени $t_{вi}$ в табл.2.1 (секундомер при этом не выключать), рекомендуемый шаг по времени 10-15 с.

11. Слить воду из емкости, открыв кран 4.

12. Вычислить значения функции $F_{жi} = \ln\left(\frac{T_{жi} - T_{жк}}{T_{ж1} - T_{жк}}\right)$ и занести в табл.2.2,

где $T_{ж1}$ — первая измеренная точка по температуре при прогреве датчика ДТ1 (после введения в емкость).

13. Нанести полученные точки на график в координатах $t - F_{ж}$, провести через полученные точки прямую, вычислить ее угловой коэффициент $k_{ж}$, занести в табл.2.2. Вычислить постоянную времени пары преобразователь – жидкость, занести в табл.2.2.

14. Вычислить значение функции $F_{Вi} = \ln\left(\frac{T_{Вi} - T_{Вк}}{T_{В1} - T_{Вк}}\right)$ и занести в таблицу, где

$T_{В1}$ - первая измеренная точка по температуре при остывании датчика ДТ1 (после извлечения из емкости).

15. Нанести полученные точки на график в координатах $t - F_{В}$, провести через полученные точки прямую, вычислить ее угловой коэффициент $k_{В}$, занести в табл.2.1. Вычислить постоянную времени пары преобразователь –

воздух $\tau_{В} = \frac{1}{k_{В}}$, занести в табл.2.1.

16. Сделать выводы о влиянии среды, температура которой измеряется, на время установления показаний преобразователя.

17. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 2.1

Результаты измерения параметров терморезистивного преобразователя
в воздушной среде

Номер измерения	$t_{В}, \text{C}$	$T_{В}, ^\circ\text{C}$	$F_{В}$
1			
2			
...			
n			
$t_{0В}, \text{C}$		$T_{Вк}, ^\circ\text{C}$	

Таблица 2.2

Результаты измерения параметров терморезистивного преобразователя
в водной среде

Номер измерения	$t_{ж}, \text{C}$	$T_{ж}, ^\circ\text{C}$	$F_{ж}$
1			
2			
...			
n			

$t_{0ж}, \text{C}$		$T_{жк}, \text{°C}$	
--------------------	--	---------------------	--

Лабораторная работа №2

Динамические характеристики терморезистивного преобразователя
(автоматический режим измерений)

Немного теории: Терморезистивным преобразователем, или терморезистором, называется измерительный преобразователь, активное сопротивление которого изменяется при изменении температуры.

Рассмотрим ситуацию (рис.8), когда терморезистивный преобразователь (1) погружают в среду (2), находящуюся в адиабатической оболочке (3).

Пусть преобразователь имеет теплоемкость C_1 и начальную температуру T_1 , среда имеет теплоемкость C_2 и начальную температуру T_2 , коэффициент теплопередачи (учитывающий теплопроводность и конвекцию) между преобразователем и средой равен λ , тогда уравнение теплообмена между преобразователем и средой выглядит следующим образом (8):

$$C_1 \frac{dT}{dt} = -\lambda(T - T_c); \quad (8)$$

$$C_2 \frac{dT_c}{dt} = \lambda(T - T_c), \quad (9)$$

где t - время от начала погружения преобразователя в среду, T - текущая температура преобразователя, T_c - текущая температура среды.

Из формул (8) и (9) получаем (10):

$$\frac{dT_c}{dt} = -\frac{C_1}{C_2} \frac{dT}{dt}. \quad (10)$$

Из формулы (10) можно заключить, что при $C_2 \gg C_1$, $T_c = \text{const} = T_2$, уравнение (8) можно записать в следующем виде:

$$\frac{dT}{(T - T_2)} = -\frac{\lambda}{C_1} dt \quad (11).$$

после интегрирования с учетом, что при $t=0$, $T=T_1$, получаем:

$$T = T_2 + (T_1 - T_2)e^{-\frac{\lambda}{C_1}t} \quad (12)$$

Обозначим $t_0 = C1/\lambda$, тогда уравнение (12) приводится к следующему виду (13):

$$T = T_2 + (T_1 - T_2)e^{-\frac{t}{t_0}} \quad (13)$$

Анализируя выражения (12) и (13), можно заметить, что температура преобразователя, а следовательно, и его показания, далеко не всегда равны измеряемой температуресреды. При этом, чем больше начальная разность

температур и/или теплємкость преобразователя, тем большее время нужно для достижения заданной точности измерения температуры; чем выше коэффициент теплопередачи, тем меньшее время нужно для достижения заданной точности измерения температуры.

Для выполнения работы используется управляющая программа. График, отображающий количественные характеристики процесса, построенный с помощью управляющей программы, представлен на рис. 9.

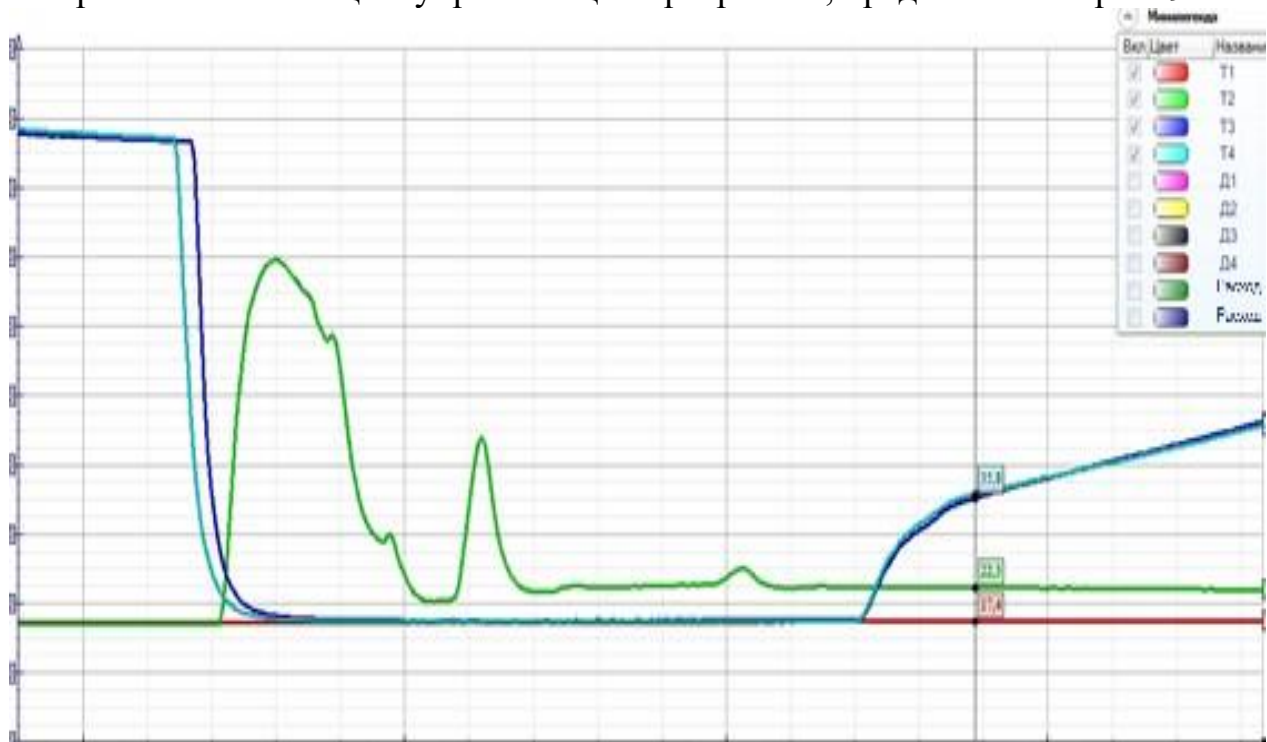


Рис.9.Графики,построенныеспомощьюуправляющейпрограммы

Лабораторная работа №3

Исследование динамических характеристик терморезистивного преобразователя (автоматический режим измерений)

Цель работы:

1. Изучение зависимости показаний терморезистивного преобразователя от времени пребывания в среде, температура которой измеряется.
2. Определение влияния среды на время установления показаний терморезистивного преобразователя.
3. Изучение процесса автоматизации сбора и обработки экспериментальных данных.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Для выполнения работы используется гидравлическая часть стенда. Включить ноутбук, подключить ноутбук к стенду.

2. Вынуть один из терморезистивных преобразователей (датчик ДТ1) из емкости. В случае необходимости дождаться выравнивания его температуры и комнатной, измерить температуру воздуха в комнате — $T_{Вк}$, занести температуру в табл. 3.1.

3. Заполнить емкость нагрева рабочей жидкостью (водой), включив насос и открыв краны 1, 3, 4. После наполнения емкости закрыть кран 4 и выключить насос.

4. Включить процесс нагрева. Отключить процесс нагрева по достижении заданной преподавателем температуры и дождаться установления показаний второго терморезистивного преобразователя (датчик ДТ2).

5. Запустить управляющую программу на ноутбуке, нажать кнопку «графики», выбрать датчик температуры ДТ1 и ДТ2.

6. Ввести преобразователь ДТ1 в емкость.

7. Дождаться выравнивания показаний ДТ1 и ДТ2 (разница не более 1°C), отслеживать показания по графику, который создается управляющей программой.

8. Используя график ДТ1, занести в табл. 3.2 значения температуры $T_{жi}$ и времени $t_{жi}$.

9. Вынуть ДТ1 из емкости, повесить на стенд так, чтобы металлический стержень не касался частей стенда.

10. Дождаться стабилизации показаний ДТ1 (отслеживать по графику), но не более 10 минут от начала измерения.

11. Используя график ДТ1, занести в табл. 3.1 значения температуры $T_{вi}$ и времени $t_{вi}$.

12. Слить воду из емкости и открыть кран 4.

13. Вычислить значения функции $F_{жi} = \ln \frac{T_{жi} - T_{жк}}{T_{ж1} - T_{жк}}$ и занести в

таблицу, где $T_{ж1}$ – первая точка по температуре при прогреве датчика ДТ1 (после введения в емкость).

14. Нанести полученные точки на график в координатах $t - F_{ж}$, провести через полученные точки прямую, вычислить ее угловой коэффициент $k_{ж}$, занести в табл. 3.2. Вычислить постоянную времени пары преобразователь – жидкость, занести в табл. 3.2.

15. Вычислить значение функции $F_{vi} = \ln$

$T_{vi} - T_{vk}$ и занести в таблицу,

$$\overline{T_{v1} - T_{vk}}$$

где T_{v1} - первая измеренная точка температуры при остывании датчика ДТ1 (после извлечения из емкости).

16. Нанести полученные точки на график в координатах $t - F_v$, провести через полученные точки прямую, вычислить ее угловой коэффициент k_v , занести в табл. 3.1. Вычислить постоянную времени пары преобразователь – воздух, занести в табл. 3.1.

17. Сделать выводы о влиянии среды, температура которой измеряется, на время установления показаний преобразователя.

18. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 3.1

Результаты измерения параметров терморезистивного преобразователя
в воздушной среде

номер измерения	t_v, C	$T_v, ^\circ\text{C}$	F_v
1			
2			
...			
n			
t_{0v}, C		$T_{vk}, ^\circ\text{C}$	

Таблица 3.2

Результаты измерения параметров терморезистивного преобразователя
в водной среде

Номер измерения	$t_{ж}, \text{C}$	$T_{ж}, ^\circ\text{C}$	$F_{ж}$
1			
2			
...			
n			
$t_{0ж}, \text{C}$		$T_{жк}, ^\circ\text{C}$	

Приборы измерения давления

Стрелочные деформационные манометры

Немного теории: Конструкция деформационного манометра приведена на рис. 10. Под действием давления жидкости или газа, поступающего в загнутую трубку с запаянным концом, последняя стремится выпрямиться и деформируется на величину, пропорциональную давлению. Перемещение свободного конца трубки передается через тягу на шестерню,

вращающую шестерню, связанную со стрелкой, индицирующей показания манометра. Таким образом, угол поворота стрелки пропорционален давлению. Изменяя жесткость загнутой трубки, получают манометры на различные диапазоны измерения давления. Подбором соотношения шестерен регулируют коэффициент пропорциональности между углом поворота стрелки и перемещением запаянного конца трубки.

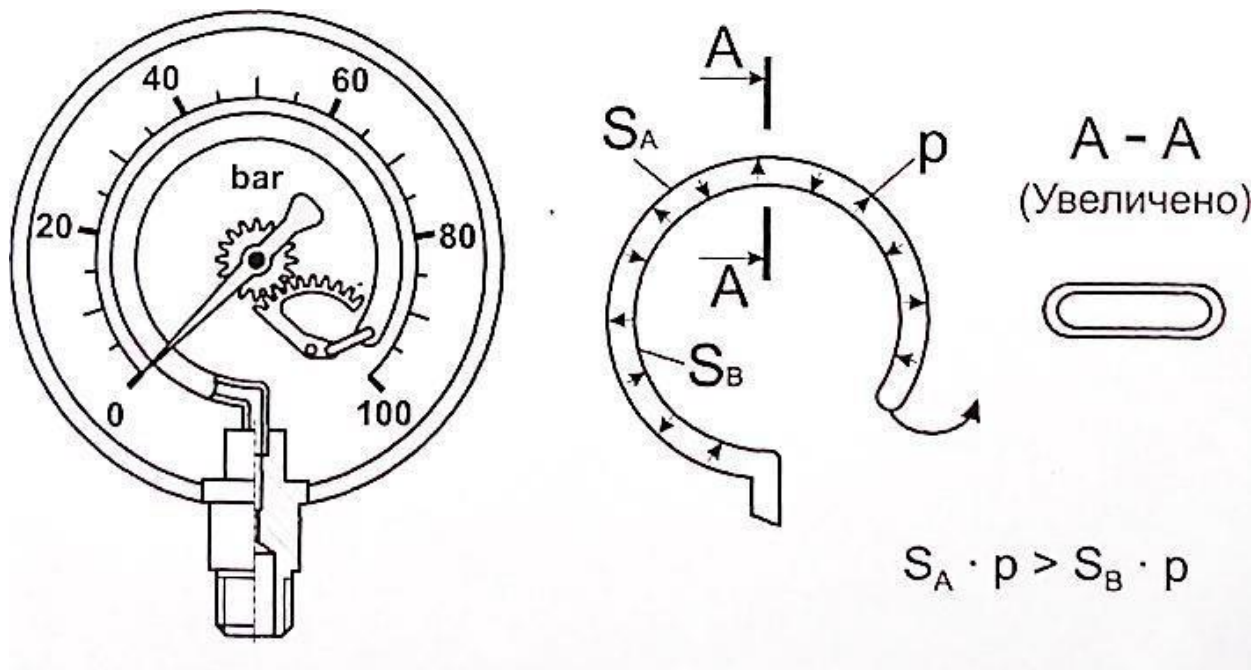


Рис.10.Стрелочныйдеформационныйманометр

Лабораторная работа №4

Исследование работы стрелочного деформационного манометра

Цель работы: Проведение исследований по работе прибора для измерения давления – стрелочного деформационного манометра, его конструкции и принципа действия.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подключить с помощью шлангов и тройников манометры 1, 2 и 3 к порту избыточного давления на лицевой панели стенда.

2. Включить компрессор, включить переключатель режимов работы компрессора на избыточное давление.

3. С помощью регулятора давления установить величину давления 0,1 МПа. Занести показания манометров 1, 2 и 3 в табл.4.

4. С помощью регулятора давления увеличить значение давления на 0,1 МПа.
5. Занести показания манометров 1, 2 и 3 в табл. 4.
6. Повторить пункты 4-5 до достижения давления 0,5 МПа.
7. Выключить компрессор. Принять показания манометра 1 за истинное значение давления. Вычислить абсолютную и относительную погрешность манометров 2 и 3.
8. Сравнить полученные результаты с классом точности измерителей. Сделать выводы.
9. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 4

Результаты исследования работы стрелочного деформационного манометра

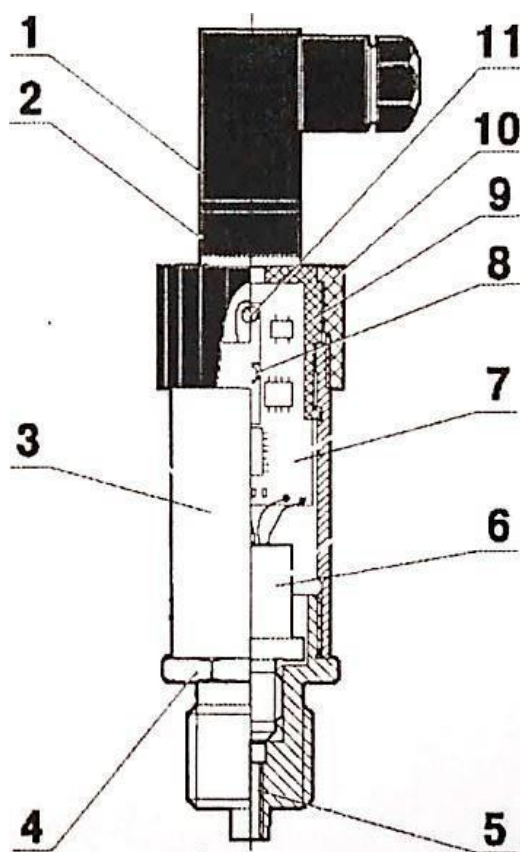
Номер измерения	$P_{МН1}$, кПа	$P_{МН2}$, кПа	$P_{МН3}$, кПа	$\Delta P_{МН2}$, кПа	$\Delta P_{МН3}$, кПа	$\delta P_{МН2}$, %	$\delta P_{МН3}$, %

Датчик давления деформационного мембранного типа

Немного теории: Конструкция деформационного датчика давления представлена на рис. 11. Преобразователь выполнен в цилиндрическом корпусе 3, в нижней части которого расположен штуцер 4, предназначенный для присоединения к линии измеряемого давления. В верхней части корпуса расположена «обойма» 9, которая крепится в корпусе с помощью специальных защелок, позволяющих ей вращаться вокруг своей оси (относительно корпуса 3). Для фиксации положения обоймы относительно корпуса служит крышка 10, которая навинчивается на наружную резьбу верхней части корпуса 3. На обойме установлена приборная часть 2 электрического соединителя типа DIN43650С. В кабельной части 1 соединителя производится подсоединение проводов внешних электрических цепей с помощью винтовых зажимов (клемм) без применения пайки. Во входном отверстии 5 приемной полости штуцера преобразователя предусмотрена резьба для установки гидравлического дросселя, предназначенного для предотвращения повреждения мембраны

чувствительного элемента преобразователя в случае возникновения гидроудара.

В штуцере преобразователя размещен чувствительный элемент 6. В качестве чувствительного элемента применен тензопреобразователь, на котором размещена тензочувствительная полупроводниковая схема из четырех тензорезисторов, соединенных в мост Уитсона.



Под действием давления измеряемой среды мембрана чувствительного элемента прогибается. Тензорезисторы, деформируясь, изменяют свое сопротивление. В результате происходит разбалансировка моста пропорционально измеряемому давлению. Разбалансированный сигнал в виде электрического сигнала преобразуется электронным блоком, расположенным в корпусе преобразователя, в выходной унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА.

В корпусе преобразователя имеется специальное окно для доступа к подстроечному резистору корректора нуля. Корректор нуля предназначен для подстройки выходного сигнала преобразователя при давлении, равном атмосферному.

Рис.11.

Для подстройки выходного сигнала преобразователя при верхнем предельном значении измеряемого давления предназначен подстроечный резистор корректора диапазона 8. К преобразователю давления присоединяется вторичный электронный прибор, измеряющий сигнал с преобразователя и переводящий его в значения давления.

Лабораторная работа №5 **Исследование работы датчика давления деформационного мембранного типа**

Цель работы: Проведение исследований по работе прибора для измерения давления – датчика давления деформационного мембранного типа.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подключить с помощью шлангов и тройника манометр 1 (М1) и датчик давления 1 (ДД1) к порту избыточного давления на лицевой панели стенда.
2. Включить компрессор, включить переключатель режимов работы компрессора на избыточное давление.
3. С помощью регулятора давления установить величину давления 0,1 МПа. Занести показания М1 и ДД1 в табл.5.
4. С помощью регулятора давления увеличить значение давления на 0,1 МПа.
5. Занести показания М1 и ДД1 в табл.5.
6. Повторить пункты 4-5 до достижения давления 0,5 МПа.
7. Выключить компрессор. Принять показания манометра 1 за истинное значение давления. Вычислить абсолютную и относительную погрешность датчика давления ДД1.
8. Проанализировать результаты, сделать выводы по проделанной работе.
9. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 5

Результаты исследования работы датчика давления деформационного мембранного типа

Номер измерения	P_{M1} , кПа	$P_{ДД1}$, кПа	$\Delta P_{ДД1}$, кПа	$\delta P_{ДД1}$, %
1				
2				
3				
4				
5				

Датчик давления пьезорезистивного типа

Немного теории: Датчик давления пьезорезистивного типа в своей конструкции имеет чувствительный элемент, меняющий свое удельное электрическое сопротивление при деформации. Термин "тензорезистивный" употребляется, как правило, по отношению к сенсорам, в которых используются тонкопленочные тензопреобразователи, либо структуры КНС (кремний на сапфире), КНК (кремний на кремнии). В таких сенсорах упругим элементом является металлическая или керамическая мембрана, на которую наклеивается полупроводниковый тензопреобразователь. Пьезорезистивными обычно называют монокристаллические кремниевые сенсоры

диффузионными пьезорезисторами, в которых упругим элементом служит сама кремниевая мембрана (рис. 12). Внутреннее устройство датчика давления пьезорезистивного типа представлено на рис. 13.

Типичный тензорезистивный сенсор давления на основе структуры КНС состоит из упругой металлической мембраны, к которой припаян тензопреобразователь, представляющий собой подложку из сапфира, на которой сформирован измерительный мост Уитстона из кремниевых тензорезисторов. Кроме тензомоста, на подложке сформирована схема температурной компенсации (на рисунке не показана).

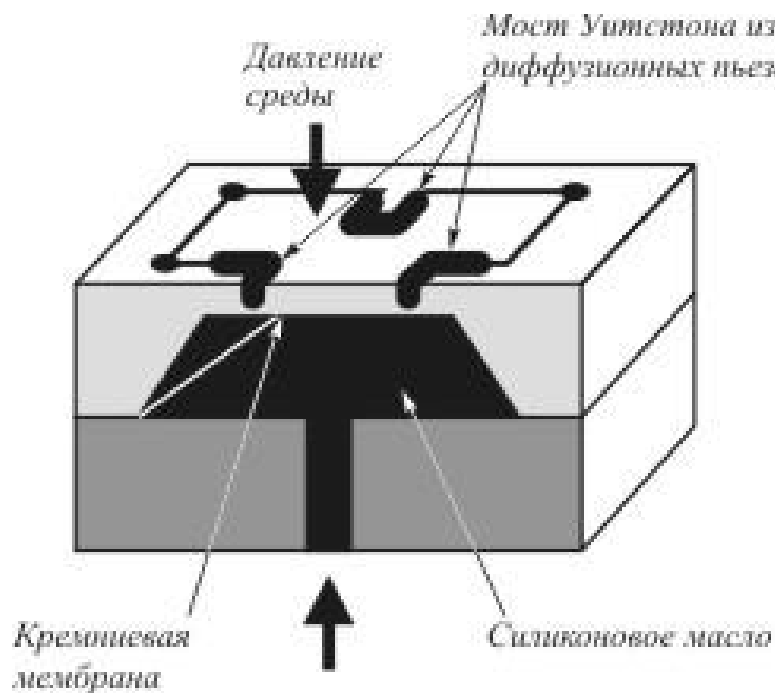


Рис.12. Внешний вид датчика давления пьезорезистивного типа

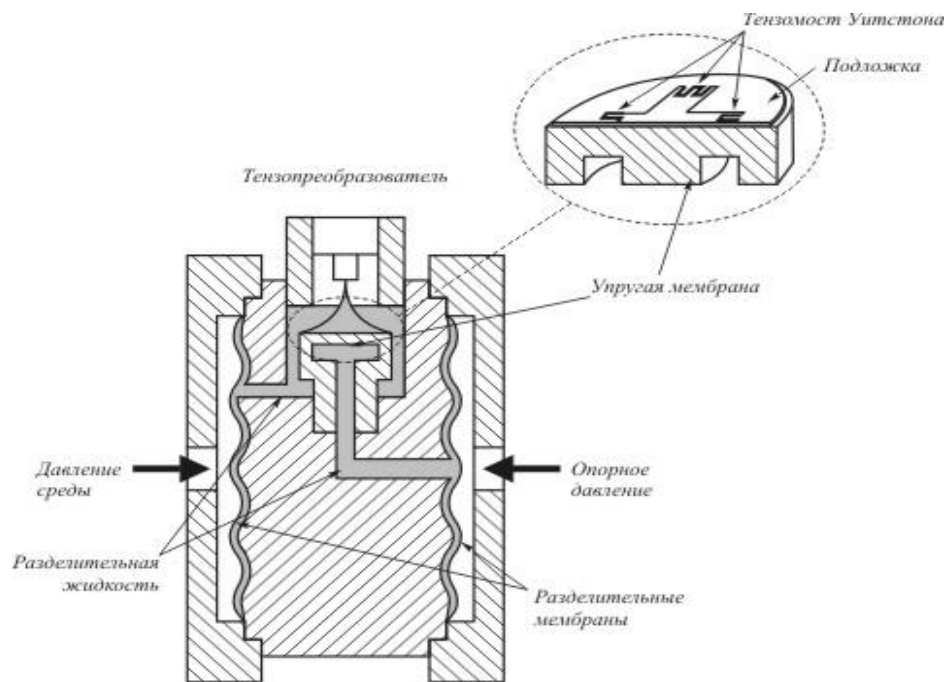


Рис.13. Внутреннее устройство датчика давления пьезорезистивного типа

Основное отличие пьезорезистивного сенсора от тензорезистивного заключается в следующем: как и тензорезистивный, он содержит упругую мембрану, закрепленную на стеклянном основании, на которой имеется мост Уитстона, преобразующий деформацию мембраны в электрический сигнал, однако, в данном случае мембрана изготавливается из монокристаллического кремния, а вместо тензорезисторов используются сформированные методом диффузии пьезорезисторы. Поскольку жесткость кремниевой мембраны значительно ниже, чем металлической, разность значений давлений передается от наружных разделительных мембран через силиконовое масло непосредственно на сенсор без использования рычагов, тяг и т. п.

Достоинствами пьезорезистивных сенсоров являются:

- малый гистерезис;
- стойкость к вибрации;
- однородность упругой мембраны.

Недостатки в основном те же, что и у тензорезистивных, но выражены в меньшей степени:

- низкая чувствительность (2...5%);
- сильное влияние температуры (за счет изменения удельного сопротивления пьезорезисторов);
- существенное влияние статического давления;
- недостаточная стабильность (фактором дрейфа является загрязненность примесями);

- наличие нелинейности.

Структурная схема датчика (рис. 14) включает в себя:

- интегральный упругий чувствительный элемент (ЧЭ);
- микроконтроллер (МК);
- преобразователь «напряжение-ток» (ПНТ).



Рис. 14. Структурная схема датчика давления пьезорезистивного типа

Контролируемое давление воспринимается ЧЭ и преобразуется в пропорциональные электрические сигналы. Сигналы с выхода ЧЭ поступают в микроконтроллер (МК), где происходят вычисления и формирование выходного сигнала в виде ШИМ. Преобразователь ПНТ преобразует сигнал с МК до нормализованной величины (4 – 20) мА.

Лабораторная работа №6

Исследование характеристик датчика давления пьезорезистивного типа

Цель работы: Исследование характеристик прибора для измерения давления – датчика давления пьезорезистивного типа.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подключить с помощью шлангов и тройника манометр 1 (М1) и датчик давления 2 (ДД2) к порту избыточного давления на лицевой панели стенда.
2. Включить компрессор, включить переключатель режимов работы компрессора на избыточное давление.
3. С помощью регулятора давления установить величину давления 0,1 Мпа. Занести показания М1 и ДД2 в табл. 6.
4. С помощью регулятора давления увеличить значение давления на 0,1 Мпа.
5. Занести показания М1 и ДД2 в табл. 6.
6. Повторить пункты 4-5 до достижения давления 0,5 Мпа.
7. Выключить компрессор. Принять показания манометра 1 за истинное значение давления. Вычислить абсолютную и относительную погрешность датчика давления ДД2.
8. Проанализировать результаты, сделать выводы.

9. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 6

Результаты исследования характеристик датчика давления
пьезорезистивного типа

Номер измерения	РМН 1, кПа	РДД 2, кПа	$\Delta P_{\text{ДД2}}$, кПа	$\delta P_{\text{ДД2}}$, %
1				
2				
3				
4				
5				

Способы измерения расходов

Объемный способ измерения расходов

Немного теории: 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. Пусть в момент времени t_1 в мерной емкости содержится объем жидкости V_1 , и емкость равномерно поступает жидкость до времени t_2 . Объем жидкости в емкости в момент времени t_2 равен V_2 , тогда средний расход поступающей жидкости:

$$Q = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

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, отградуированная в единицах объема.

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

Лабораторная работа №7

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.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть краны 1, 3, 5.
2. Включить насос.
3. Дождаться наполнения емкости и остановки электронного секундомера (в окне управляющей программы). Записать показания в табл. 7 в графу $\Delta t_{\text{авт}}$.
4. Выключить насос, дождаться слива емкости E , сбросить показания секундомера.
5. Частично закрыть кран 5 для уменьшения подачи насоса.
6. Повторить пункты 2-5 для различных положений закрытия крана 5.
7. Выключить насос.
8. Вычислить расход $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t_{\text{авт}}}$; где $\Delta V = 1.5$ л – объем емкости между

датчиками автоматического срабатывания секундомера.

9. Проанализировать результаты, сделать выводы по проделанной работе.

10. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 7

Результаты исследования объемного способа измерения расхода воды

Номер опыта	$\Delta t_{\text{авт}}$ Т	Q

Способ измерения расхода воды по показаниям счетчика воды

Немного теории: Расход – это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящими

хчерезтрубуилиуслов

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 показан на рис. 15.

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.

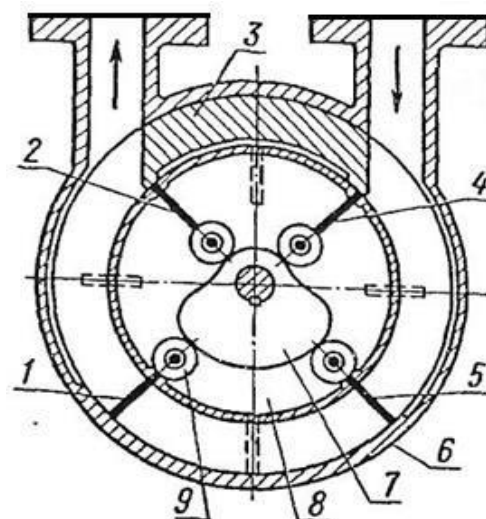


Рис.15.Ротационный счетчик с пластинчатыми лопастями

При изготовлении ротационных счетчиков особо внимание обращают на легкость хода 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.

Погрешность показаний ротационных счетчиков обычно не превышает 1% в пределах 10-100 % номинального расхода.

Лабораторная работа №8

Исследование способа измерения расхода воды по показаниям счетчика воды

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

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть краны 1, 3, 5.
2. Включить насос.
3. Записать в табл. 8 значение расхода, определенное с помощью счетчика «датчик расхода воды» в окне управляющей программы), время Δt автоматической остановки секундомера при наполнении емкости Е. Выключить насос, дождаться слива воды из емкости Е, сбросить показания секундомера.
4. Частично закрыть кран 5.
5. Повторить пункты 2-4 для разных положений закрытия крана 5.
6. Вычислить значения расхода как $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ для ранее записанных результатов измерений (принять $\Delta V = 1,5 \text{ л}$). Сравнить значения расхода, полученные с помощью счетчика воды и мерной емкости Е.
7. Проанализировать результаты, сделать выводы по проделанной работе.
8. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 8

Результаты исследования способа измерения расхода воды по показаниям счетчика воды

Номер измерения	$Q_{\text{счетч}}$	Δt	Q

Способ измерения расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме

Немного теории: Расход – это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или устьев

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 рис. 16. 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, которая измеряется дифференциальным манометром, градуированным в единицах расхода.

В качестве сужающего устройства обычно используют так называемые нормальные сужающие устройства: нормальные диафрагмы (рис. 16, а), нормальные сопла (рис. 16, б), трубы Вентури (рис. 16, в).

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.

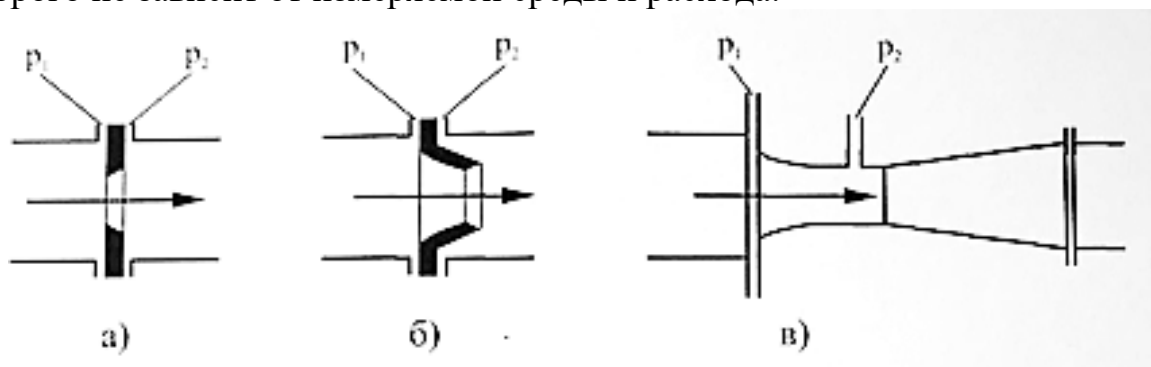


Рис.16.Видысужающихустройств

Сужающее устройство рассчитывается по стандартной методике. Исходными данными являются условия измерения и входные данные дифференциального манометра. Сужающие устройства изготавливаются потребителем после проведения необходимых расчетов.

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 %.

В горизонтальной трубе (изменения уровня отсутствуют) с пренебрежимо малыми потерями на трение с несжимаемой жидкостью расход через диафрагму выражается формулой (14):

$$Q_D = C S_2 \sqrt{2 \frac{P_1 - P_2}{\rho}} \quad (14)$$

где C – коэффициент расхода, безразмерная величина, учитывающая соотношение диаметров трубы и отверстия в диафрагме, а также соотношение теоретического и действительного расхода через данную диафрагму;

S_2 – площадь сечения отверстия в диафрагме, м^2 ; P_1 –

давление жидкости до диафрагмы, Па;

P_2 – давление жидкости до диафрагмы, Па; ρ – плотность жидкости.

Для течения жидкости постоянной плотности расход через диафрагму связан с перепадом давления на диафрагме ($P_1 - P_2$) следующим соотношением (15):

$$Q_D = K \sqrt{P_1 - P_2} \quad (15)$$

где K – коэффициент, определяемый для расхода данной жидкости через данную диафрагму.

Коэффициент K определяется на основе экспериментальной тарировки диафрагмы.

Лабораторная работа №9

Исследование способа измерения расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме

Цель работы: Изучение измерительной диафрагмы как прибора для измерения расхода жидкости.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется гидравлическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть краны 1, 3.

2. Подключить к точкам измерения давления на диафрагме Д датчики давления ДД1 и ДД2.

3. Включить насос. Занести в табл. 9 значения P_1 (по показаниям ДД1) и P_2 (по показаниям ДД2), значение расхода воды Q по показаниям управляющей программы. Вычислить коэффициент K , используя формулу (8). Выключить насос.

4. Повторить пункт 2 дважды и занести результаты в табл. 9.

5. Частично закрыть кран 3 и повторить пункты 2-3 для нового положения крана 3.

6. Выключить насос, вычислить $K_{ср}$, абсолютную и относительную ошибку вычисления K . Записать значение коэффициента K для данной диафрагмы.

7. Проанализировать результаты, сделать выводы.

8. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 9

Результаты исследования способа измерения расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме

Номер измерения	P_1	P_2	Q	K	ΔK	δK
$K_{ср}$						

Способ измерения расхода воздуха по величине падения давления на мерной диафрагме в газовой среде

Данный способ измерения расхода отличается от приведенного выше. Для адиабатического течения газа с постоянной начальной температурой расход через диафрагму связан с величинами давления перед диафрагмой P_1 и за ней P_2 следующим соотношением (16):

$$Q = K P_1 \sqrt{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}} \quad (16)$$

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

Отсюда

$$K = \frac{Q}{P_1 \sqrt{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}}} \quad (17)$$

Коэффициент K определяется на основе экспериментальной тарировки диафрагмы.

Лабораторная работа №10

Исследование способа измерения расхода воздуха по величине падения давления на мерной диафрагме

Цель работы: Изучение способа измерения расхода воздуха по величине падения давления на мерной диафрагме.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Открыть вентиль 6.
2. Подключить к точкам измерения давления на диафрагме Д датчики давления ДД1 и ДД2.
3. Включить компрессор.
4. Занести в табл.10 значения P_1 (по показаниям ДД1) и P_2 (по показаниям ДД2), значение расхода воздуха Q по показаниям управляющей программы. Вычислить K по формуле (2).
5. Частично закрыть вентиль 6 и повторить пункт 3 для нового положения вентиля 6.
6. Выключить компрессор. Вычислить $K_{ср}$, абсолютную и относительную ошибку измерений.
7. Проанализировать результаты, сделать выводы по проделанной работе.
8. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 10

Результаты исследования способа измерения расхода воздуха по величине падения давления на мерной диафрагме

Номер измерения	P_1	P_2	Q	K	ΔK	δK
$K_{ср}$						

Способ измерения расхода газа по методу отсеченного объема

Немного теории: 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 – Клапейрона:

$$PV = MRT,$$

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

Схема измерения приведена на рис. 17.

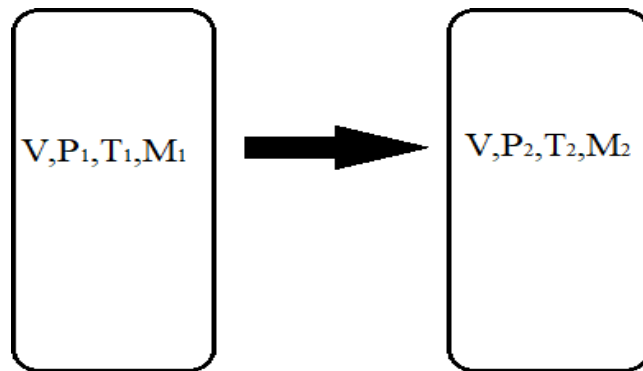


Рис. 17. Схема измерения расхода газа по емкости

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 (18):

$$Q^V = \frac{1}{t} \left(\frac{P_1}{RT_1} - \frac{P_2}{RT_2} \right) \cdot \frac{1}{\rho_{ну}}, \quad (18)$$

где $\rho_{ну}$ – плотность газа при нормальных условиях: давлении ($p_{ну} = 101325$ Па) и температуре $T_{ну} = 293$ гр. К).

С учетом, что $\rho_{ну} = \frac{P_{ну}}{RT_{ну}}$

,получаем:

$$Q = V \left[\frac{P_1 - P_2}{T_1 - T_2} \right]_{*} T_{Hy} \quad (19)$$

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.

Для адиабатического истечения из емкости применяют формулу (20):

$$Q_A = \frac{V_{P1}}{t_{T1}} \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \frac{T_{H1}}{T_{H2}} \quad (20)$$

где γ – показатель адиабаты для воздуха (принять $\gamma = 1.4$)

Для изотермического истечения применяют формулу:

$$Q_{и} = \frac{V_{P1}}{t_{T1}} \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right)^* \frac{T_{H1}}{T_{H2}} \quad (21)$$

Для проведения лабораторных работ в лабораторном стенде используется ресивер объемом 8 л.

Лабораторная работа №11

Исследование способа измерения расхода газа по методу отсеченного объема

Цель работы: Исследование способа измерения расхода газа по методу замера падения давления в отсеченном объеме, определение погрешностей измерения.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Полностью открыть редукционный клапан (регулятор давления). Закрывать вентиль 6.
2. Включить компрессор. Дождаться наполнения ресивера и автоматической остановки работы компрессора.
3. По датчику температуры 4 (ДТ4 на рис. 2 описания стенда, Т4 в окне управляющей программы) определить температуру воздуха в ресивере T_R . По датчику давления 4 (ДД4 на рис. 2 описания стенда, Д4 в окне управляющей программы) определить давление P_{P1} .
4. Записать в табл. 11 давление в ресивере P_{P1} и температуру T_R .
5. Открыть вентиль 6, одновременно запустив секундомер.
6. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 0,3 бар.

Закрыть вентиль 6, одновременно остановив секундомер.

7. Записать в табл. 11 давление в ресивере P_{p2} , время по секундомеру t .
Сбросить показания секундомера.

8. Перейти к следующему измерению в таблице. Записать в табл. 11 давление в ресивере P_{P1} и температуру T_P .
9. Открыть вентиль 6, одновременно запустив секундомер.
10. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 0,6 бар. Закрыть вентиль 6, одновременно остановив секундомер.
11. Записать в табл. 11 давление в ресивере P_{P2} , время по секундомеру t . Сбросить показания секундомера.
12. Перейти к следующему измерению. Записать в табл. 11 давление в ресивере P_{P1} и температуру T_P .
13. Открыть вентиль 6, одновременно запустив секундомер.
14. Подождать пока давление в ресивере упадет не менее чем на 1,0 бар. Закрыть вентиль 6, одновременно остановив секундомер.
15. Записать в табл. 11 давление в ресивере P_{P2} , время по секундомеру t . Сбросить показания секундомера.
16. Выключить компрессор.
17. По формулам (20) и (21) вычислить расход по ресиверу для адиабатического Q_A и изотермического $Q_{и}$ истечения.
18. Проанализировать результаты, сделать выводы.
19. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 11

Результаты исследования способа измерения расхода газа
по методу отсеченного объема

Номер измерения	P_{P1} , бар	T_P , К	P_{P2} , бар	t , с	Q_A , л/мин	$Q_{и}$, л/мин

Способ измерения расхода воздуха по показаниям
счетчика газа

Немного теории: 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.

Конструкция счётчика представляет классический состав аппарата подобного вида. В герметичном корпусе расположены следующие элементы:

- автоматический генератор струйного типа;
- электронный блок обработки сигнала;
- стандартный пьезоэлемент;
- литиевый источник питания.

Корпус закрывается крышкой с смонтированным пломбировочным кольцом.

Характеристики и принцип действия счетчика газа

В этом устройстве применён так называемый косвенный метод измерения расхода газовой смеси. Он основан на функциональной зависимости частоты колебаний газового потока в струйном генераторе от объёма проходящего газа. Эта зависимость носит линейный характер.

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 рис. 18.

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. Поэтому, используя пьезоэлектрический эффект, производят преобразования этих колебаний в электрический сигнал. После его последующей обработки в электронном блоке значения выводятся на жидкокристаллический индикатор.

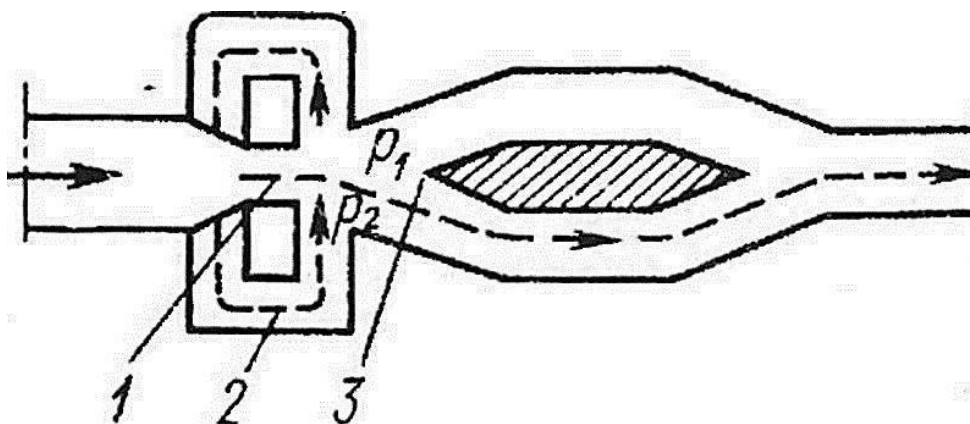


Рис.18.Схема преобразователя с сциллирующей струей 1 – сопло; 2 – обводная трубка; 3 – тело обтекания

Лабораторная работа №12

Исследование способа измерения расхода воздуха по показаниям счетчика газа

Цель работы: Изучение способа измерения расхода воздуха по показаниям счетчика газа.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда).
2. Включить компрессор.
3. Записать в табл.12 значение расхода, определенное помощью счетчика («датчик расхода воздуха» в окне управляющей программы)
4. Частично закрыть вентиль 6.
5. Повторить пункты 3-4 для разных положений вентиль 6.
6. Проанализировать результаты, сделать выводы.
7. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 12

Результаты исследования измерения расхода воздуха по показаниям счетчика газа

Номер измерения	Qсч тч

Способ измерения расхода воздуха по показаниям ротаметра, изучение устройства и принципа действия ротаметра

Немного теории: 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. Устройство ротаметра приведено на рис. 19.

В трубках 1 и 8, соединенных друг с другом болтовыми стержнями 5, с помощью накладных гаек 6 и сальниковых уплотнений укреплена стеклянная коническая трубка 3, 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.

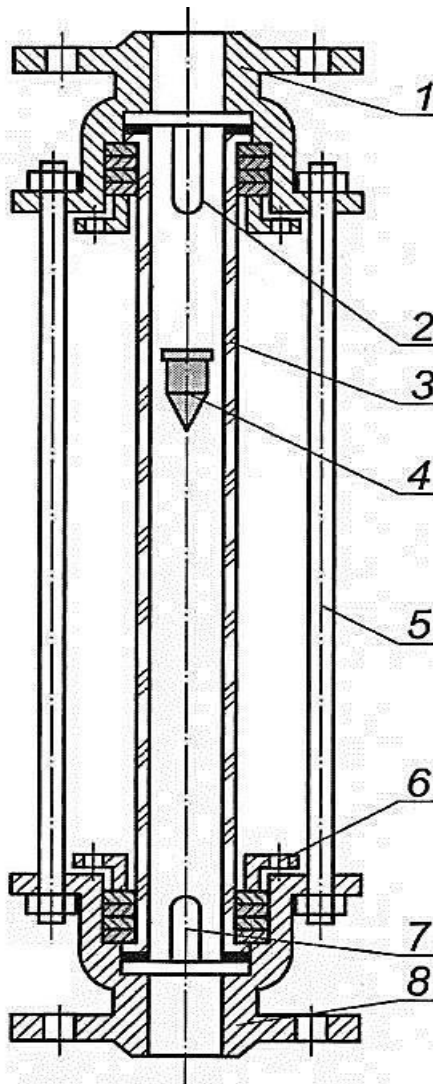


Рис.19. Устройство ротаметра

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 высокие показатели давления; связанность прибора с местом измерения; только указывающий характер прибора (отсутствие записи и дистанционной передачи показаний); непригодность для измерения больших расходов.

Основные элементы ротаметра – коническая трубка и поплавков – образуют его проточную часть. Формы поплавков могут быть весьма разнообразны (рис. 20).

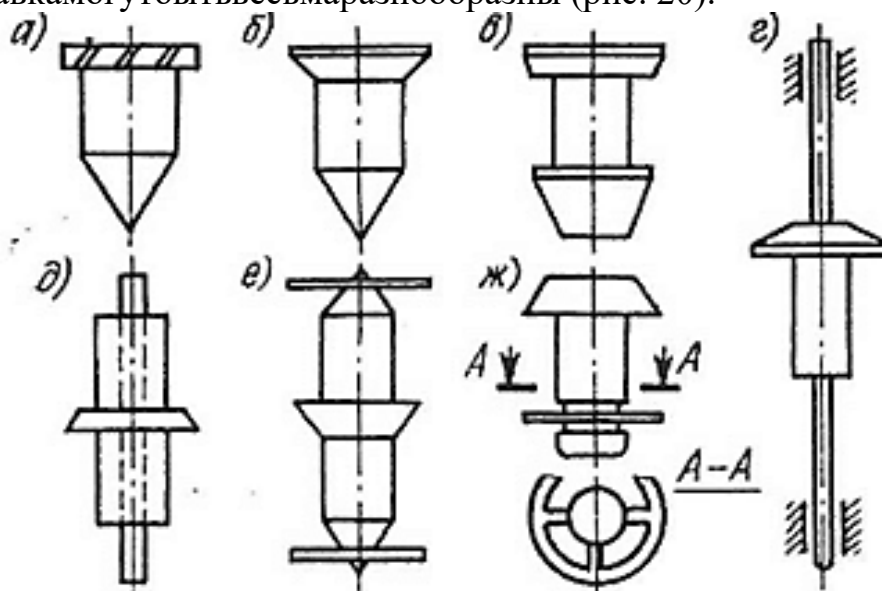


Рис.20.Формыпоплавков

Классическая его форма показана на рис. 20 (а). Поплавков 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 (рис.20(б)). В меньшей степени влияние вязкости

сказывается при катушечной форме поплавка, показанной на рис. 20 (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 (рис. 20(г)); неподвижные центральные штоки, проходящие через осевые отверстия поплавков (рис. 20(д)); направляющие кольца (два или одно), укрепляемые обычно в верхней или нижней части поплавков (рис. 20(е, ж)). Но для таких колец требуется применение конусных трубок с направляющими ребрами или гранями. Зато они имеют два дополнительных достоинства: обеспечение турбулентности 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 поплавок его делают пустотелым.

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.

Уравнение равновесия поплавка

В ротаметре (рис. 21) можно выделить три сечения: 1 - сечение, где начинает сказываться возмущающее действие поплавка на поток; 2 - узкое кольцевое сечение потока, где имеется максимальная скорость; 3 - сечение, в котором кончается возмущающее действие поплавка на поток.

На поплавок снизу действует разность статических давлений на носовую и кормовую поверхности поплавка, возникающая вследствие перехода части потенциальной энергии в скорость v_k в узком сечении; эта

разность равна $(p_1 - p_2) \cdot s$, где s —
площадь наибольшего поперечного сечения поплавка.

Сумма этих трех сил уравновешивается весом G поплавка (22):

$$G = V g \rho_k \quad (22)$$

где V — объем, ρ_k — плотность материала поплавка (сплошного).

Из уравнения равновесия следует, что

$$(p_1 - p_2) = \frac{G}{s} \quad (23)$$

Расход — это физическая величина, определяемая количеством жидкости или газа, проходящих через трубу или русло в единицу времени. Расход является функцией площади потока и перепада давления $Q = f(S, \Delta p)$, где

$$S = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \quad (24)$$

Поскольку конусность трубки очень маленькая, можно считать, что расход Q пропорционален высоте подъема поплавка h (рис.21). В результате расчетов получим график зависимости расхода воздуха от высоты подъема поплавка (рис. 22).

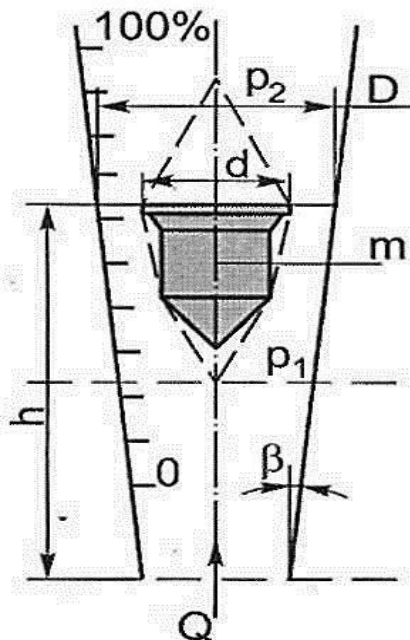


Рис.21.Схема ротаметра

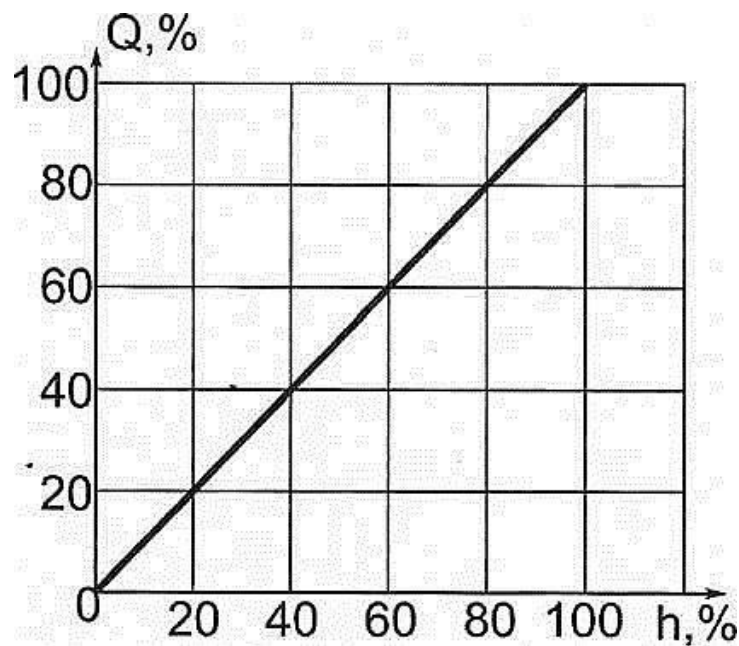


Рис.22. Зависимость расхода жидкости (газа) от высоты подъема поплавка

Лабораторная работа №13

Исследование способа измерения расхода воздуха по показаниям ротаметра

Цель работы:

1. Исследование способа измерения расхода воздуха по показаниям ротаметра,
2. Изучение устройства и принципа работы ротаметра.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда).
2. Включить компрессор.
3. Определить расход $Q_{\text{рот}}$ по показаниям ротаметра, определить расход Q по показаниям управляющей программы. Занести результаты в табл. 13.
4. Частично закрыть вентиль 6.
5. Повторить пункты 3-4 для разных положений вентиля 6.
6. Выключить компрессор.
7. Сравнить полученные значения расхода газа $Q_{\text{рот}}$ и Q .
8. Проанализировать результаты, сделать выводы.
9. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Результаты исследования способа измерения расхода воздуха
по показаниям ротаметра

номер измерения	Q_{po} т	Q

Способ измерения расхода воздуха по показаниям расходомера
с цифровой индикацией

Немного теории: 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. Внешний вид расходомера (датчика расхода), использующегося в стенде, представлен на рис. 23.

Принцип работы датчика расхода основан на применении технологии MEMS. MEMS-технология (Micro-Electro-Mechanical-System) позволяет формировать на поверхности кремниевой подложки микроэлектромеханические структуры различного функционального назначения. В стенку внутреннего канала прибора, по которому протекает поток воздуха, встроен микроскопический измерительный блок MEMS-расходомера (рис. 24). Он содержит нагреватель R_h и два датчика температуры.



Рис. 23. Внешний вид расходомера

Один из датчиков (Ru) расположен выше нагревателя по потоку, а второй (Rd) – ниже. Температура входящего воздуха измеряется датчиком Ra. При неподвижном воздухе температурное поле вокруг нагревателя симметрично, и датчики Ru и Rd показывают одинаковые значения температуры. Когда газ течет, температурное поле деформируется, и появляется разность температур между датчиками Ru и Rd. Разность температур зависит от скорости течения воздуха и позволяет определить и направление потока, и расход воздуха. Датчик Ra предназначен для компенсации влияния температуры воздуха.

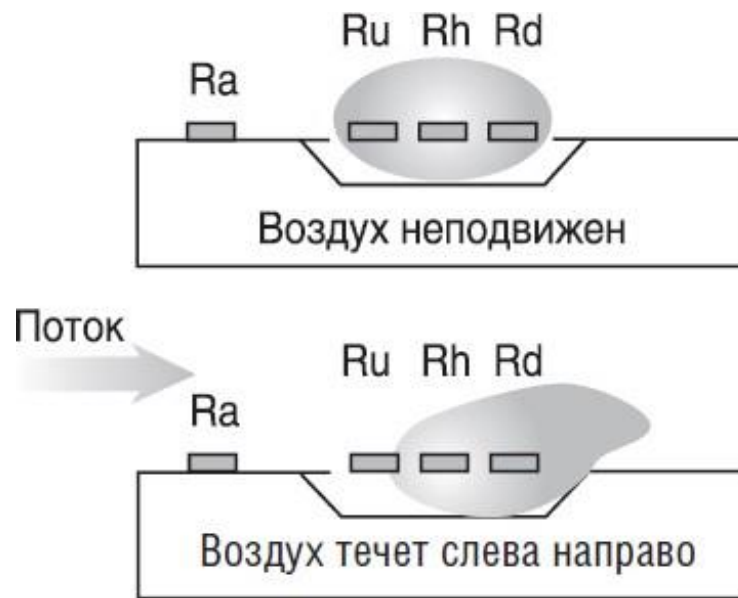


Рис.24.Измерительный блок MEMS-расходомера

MEMS-расходомеры могут измерять как мгновенный, так и накопленный расход, снабжены аналоговыми и дискретными выходами. Данные датчики могут работать не только в среде воздуха, но и средах с азотом, аргоном и углекислым газом. Варианты исполнений предусматривают встроенный пневмодрессель, а также присоединительные отверстия, обращенные вниз, перпендикулярно оси потока. То есть MEMS-расходомер в таком исполнении не требует прямого протяженного отрезка трубопровода, а это существенно сокращает протяженность измерительного участка.

Лабораторная работа №14

Исследование способа измерения расхода воздуха по показаниям расходомера с цифровой индикацией

Цель работы: Изучение способа измерения расхода воздуха по показаниям расходомера с цифровой индикацией (ЦИ).

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда).
2. Включить компрессор.
3. Определить расход $Q_{ЦИ}$ по показаниям расходомера с ЦИ, $Q_{рот}$ по показаниям ротаметра, Q по показаниям управляющей программы. Занести результаты в табл. 14.
4. Частично закрыть вентиль 6.
5. Повторить пункты 3-4 для разных положений вентиля 6.
6. Выключить компрессор.
7. Сравнить полученные значения расхода газа $Q_{ЦИ}$, $Q_{рот}$ и Q .
8. Проанализировать результаты, сделать выводы.
9. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 14

Результаты исследования измерения расхода воздуха по показаниям расходомера с цифровой индикацией

Номер измерения	$Q_{рот}$	Q

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Изучение работы циркуляционного насоса

Немного теории: Насос – это гидравлическая машина, преобразующая механическую, вращательную энергию привода в энергию движения жидкости.

Работа насоса характеризуется количеством жидкости, которое подается насосом в единицу времени, обозначается буквой Q и измеряется в $м^3/час$, $л/мин$ и др. Объем жидкости, перекаченной насосом, подключенном к гидравлической сети, определяется рабочей точкой на его характеристике, кроме конструктивных особенностей, зависит от гидравлической характеристики сети.

Оптимальная подача насоса достигается при максимальном значении коэффициента полезного действия. Фактическую подачу насоса можно определить по напорно-расходной характеристике зная создаваемый напор.

Напор— это удельная механическая работа, передаваемая насосом перекачиваемой жидкости, обозначается буквой Н и измеряется в метрах водного столба (м).

Полезная мощность N_n — это мощность, затрачиваемая на сообщение жидкости энергии (25).

$$N_n = H M = Q \rho g H = Q P \quad (25)$$

где P —создаваемое насосом давление;

Напор, создаваемый насосом, представляет собой разность значений механической энергии единицы веса жидкости в сечении потока после насоса и перед ним. В полесилтяжестинапорнасосаравенразности полного напора жидкости после насоса $(Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{W_2^2}{2g})$ и передним $(Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{W_1^2}{2g})$,

$$\frac{W_1^2}{2g},$$

$$\rho g \quad 2g$$

$$\rho g$$

полный напор выражается в метрах столба перемещаемой жидкости (26):

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{W_2^2 - W_1^2}{2g} \quad (26)$$

где $z_2 - z_1$ —разность высот сечений всасывающего и нагнетательного патрубков насоса, м;

ρ —плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³; g -

ускорение свободного падения, м/с²;

W_1, W_2 — скорость жидкости на входе и выходе из насоса соответственно, м/с;

P_1, P_2 - давление жидкости на входе и выходе из насоса соответственно, Па.

При одинаковой высоте всасывающего и нагнетательного патрубков насоса с учетом выражения (2) создаваемое насосом давление P выразится формулой (27):

$$P = (P_{\text{наг}} - P_{\text{вс}}) + \frac{\pi \rho Q}{4} \left(\frac{d_1^4}{d_2^4} - 1 \right) \quad (27)$$

где $P_{\text{вс}}, P_{\text{наг}}$ —давление во всасывающем и нагнетающем патрубке насоса соответственно;

d_1, d_2 —внутренние диаметры всасывающего и напорного патрубков; ρ — плотность жидкости;

g —ускорение свободного падения.

При одинаковом диаметре всасывающего и нагнетательного патрубков

площадь сечений S_1 и S_2 до и после насоса будет равна. Учитывая, что

$$Q=W_1S_1=W_2S_2 \quad (28)$$

можно приравнять скорость на входе и выходе из насоса $W_1=W_2$. Если при этом высота z всасывающего и нагнетательного патрубков одинакова, формула (26) упрощается и принимает вид:

$$H = \frac{P_{\text{нагн}} - P_{\text{всас}}}{\rho g} = P \text{ — и } P = P_{\text{нагн}} - P_{\text{вс}} \quad (29)$$

Основной характеристикой насоса является его напорно-расходная характеристика. Эта характеристика может быть рассчитана с помощью теоретических зависимостей или измерена на специальном испытательном стенде. Характеристики насоса изменяются при изменении частоты вращения приводящего вала, соответственно для каждой частоты вращения существует свое семейство характеристик насоса.

Существуют два основных типа насосов - динамические (лопастные) и объемные.

Динамический насос — это гидравлическая машина, в которой жидкость перемещается под силовым воздействием в камере, постоянно сообщаемой с входом и выходом насоса. Перекачивание жидкости в динамических насосах осуществляется, как правило за счет сил инерции (в лопастных) или трения (в насосах трения). Циркуляционный насос, используемый в стенде - динамический.

Объемный насос — это гидравлическая машина, в которой передача энергии жидкости осуществляется за счет изменения объема рабочей камеры. Рабочая камера объемного насоса — герметична и попеременно сообщается с линиями нагнетания и всасывания — входом и выходом насоса.

В паспортах насосов, как правило, приводятся напорные характеристики для соответствующей частоты вращения вала насоса. На рис. 25 приведена напорно-расходная характеристика динамического насоса.

Как видно по графику характеристики, чем большее сопротивление динамический насос вынужден преодолевать, тем меньшую подачу он может обеспечить. Максимальный напор насос создает при нулевом расходе.

Напорная характеристика объемного насоса (рис. 26) имеет принципиально иной вид, чем для центробежного.

Давление, которое развивает объемный насос, зависит от гидравлической сети, в которую он включен. Если начать прикрывать задвижку на напорной магистрали, давление на выходе из насоса будет увеличиваться, однако двигатель насоса этого «не почувствует», он будет продолжать вращать кривошип с той же скоростью, и поршень будет вытеснять тот же объем жидкости. Теоретическая подача $Q_T = q \times n$ не зависит

от давления на выходе p_n (вертикальная прямая 1, рис. 26). В действительности с ростом давления p_n увеличиваются перетоки из полости нагнетания в полость всасывания, вследствие этого уменьшается объемный К.П.Д. и подача насоса (прямая 2).

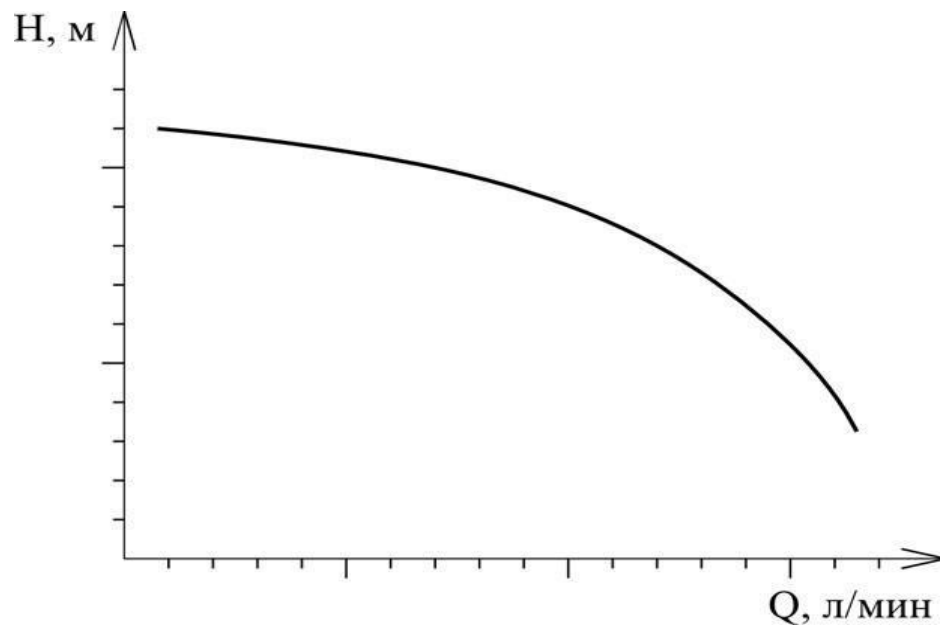


Рис.25. Напорно-расходная характеристика насоса

Вследствие того, что объемный насос «не чувствует» высокого давления, может произойти авария (разрыв стенки трубопровода, нарушение герметичности и др).

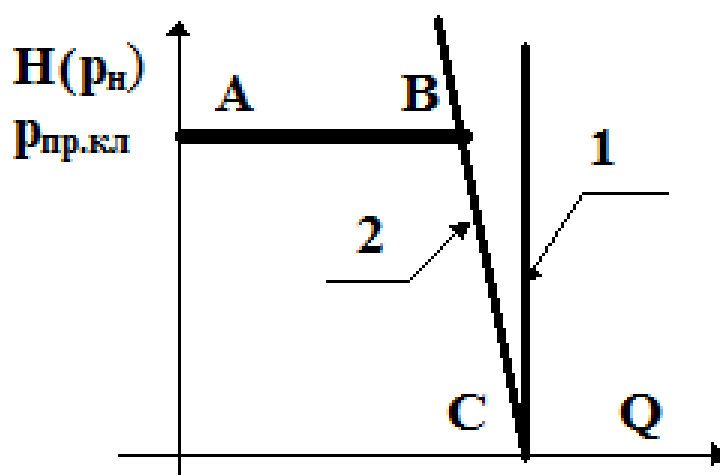


Рис.26. Напорная характеристика объемного насоса

Где 1 – теоретическая напорная характеристика; 2 – практическая, АВС – характеристика насоса с предохранительным клапаном, $p_{\text{пр.кл.}}$ – давление настройки предохранительного клапана 3, Н – напор насоса, p_n – манометрическое давление на выходе из насоса

В стенде для выполнения лабораторных работ используется поршневой компрессор. Принцип работы поршневого компрессора основан на поочередном наборе и вытеснении газа поршнем из замкнутой полости через клапаны всасывания и нагнетания соответственно. В связи с наличием в конструкциях зазоров всегда существуют утечки, величины которых связаны с давлением на выходе компрессора. Кроме того, предельное давление, создаваемое компрессором, определяется вредным объемом, остающимся над поршнем при максимальном сжатии газа. Таким образом, расход газа, создаваемый компрессором, зависит от давления нагнетания.

Лабораторная работа №15

Исследование работы компрессора и снятия его характеристики

Цель работы: Изучение приборов для измерения создания давления и расхода газа, построение характеристики компрессора.

При выполнении лабораторной работы используется способ измерения расхода газа по методу отсеченного объема (см. лабораторную работу № 11).

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда).

2. Включить компрессор. Запустить секундомер. С помощью датчика температуры 4 (ДТ4 - на рис. 2 описания стенда, Т4 - в окне управляющей программы) определить температуру воздуха в ресивере T_1 . По показаниям датчика давления 4 (ДД4 - на рис. 2 описания стенда, Д4 - в окне управляющей программы) определить давление P_1 .

3. Подождать пока давление в ресивере возрастет не менее чем на 0,3 бар.

4. Записать в табл. 15 давление в ресивере P_2 , время по секундомеру, прошедшее между замерами давления P_1 и P_2 . Записать в таблицу значение $P = (P_1 + P_2) / 2$.

5. Перейти к следующему измерению. Записать в табл. 15 давление в ресивере P_1 и температуру T_1 .

6. Подождать пока давление в ресивере возрастет не менее чем на 0,3 бар.

7. Записать в таблицу 16.1 давление в ресивере P_2 , время по секундомеру t , прошедшее между замерами давления P_1 и P_2 . Записать в таблицу значение $P = (P_1 + P_2) / 2$.

8. Повторять пункты 5-7 до наполнения ресивера и отключения компрессора.

9. По формуле (20) для адиабатического процесса вычислить расход воздуха

где γ - показатель адиабаты для воздуха (принять $\gamma = 1.4$); давление $P_{\text{нв}} = 101325$ Па; $T_{\text{нв}} = 293$ К; $V = 8$ л.

10. Построить график зависимости расхода воздуха от давления $f = Q(P)$. Проанализировать результаты, сделать выводы.

11. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 15

Результаты исследований работы компрессора и снятие характеристики работы

Номер измерения	P_1 , бар	T_1 , К	P_2 , бар	t , с	Q , л/мин	P

Изучение устройства и работы редукционного клапана

Немного теории: Для регулирования давления воздуха, подводимого из пневмосистемы к какому-либо механизму, применяются специальные устройства, называемые редукционными клапанами. Это вызвано тем, что для уменьшения потерь транспортировать сжатый воздух по магистралям нужно при высоком давлении, тогда как для работы пневматических систем конечных потребителей сжатого воздуха, как правило, не требуется высокое давление. Редукционный клапан (рис. 27) состоит из собственно узла регулирования потока и узла настройки. Узел регулировки потока состоит из клапана 1, который устанавливают на седло 2 в полностью закрытом состоянии. В исходном состоянии клапан открыт. Толкатель клапана верхней сферической поверхностью упирается в седло заделки 3 мембраны 4. В данной заделке выполнено отверстие, соединяющее седло толкателя с верхней полостью клапана, которая, в свою очередь, соединена с атмосферой.

На заделку 3 мембраны опирается пружина 5, предварительное поджатие которой можно регулировать с помощью механизма настройки путем вращения регулировочного винта 6.

Давление сжатого воздуха из выходной линии А через отверстие 7 действует на мембрану, стремясь ее поднять и сжать пружину 5. Чем выше давление воздуха, тем выше поднимается мембрана и регулировочный клапан 1. Зазор, через который проходит сжатый воздух от линии Р к линии А, уменьшается и его сопротивление возрастает. Это должно привести к уменьшению давления в линии А. При работе клапана имеется определенное равновесное положение регулирующего клапана, соответствующего настроенному значению выходного давления. Для исключения влияния давления сжатого воздуха на верхнюю поверхность клапана 1 в толкателе выполнен канал 7. Через данный канал происходит уравнивание клапана. Пружина 8 служит для подъема клапана вслед за подъемом мембраны.

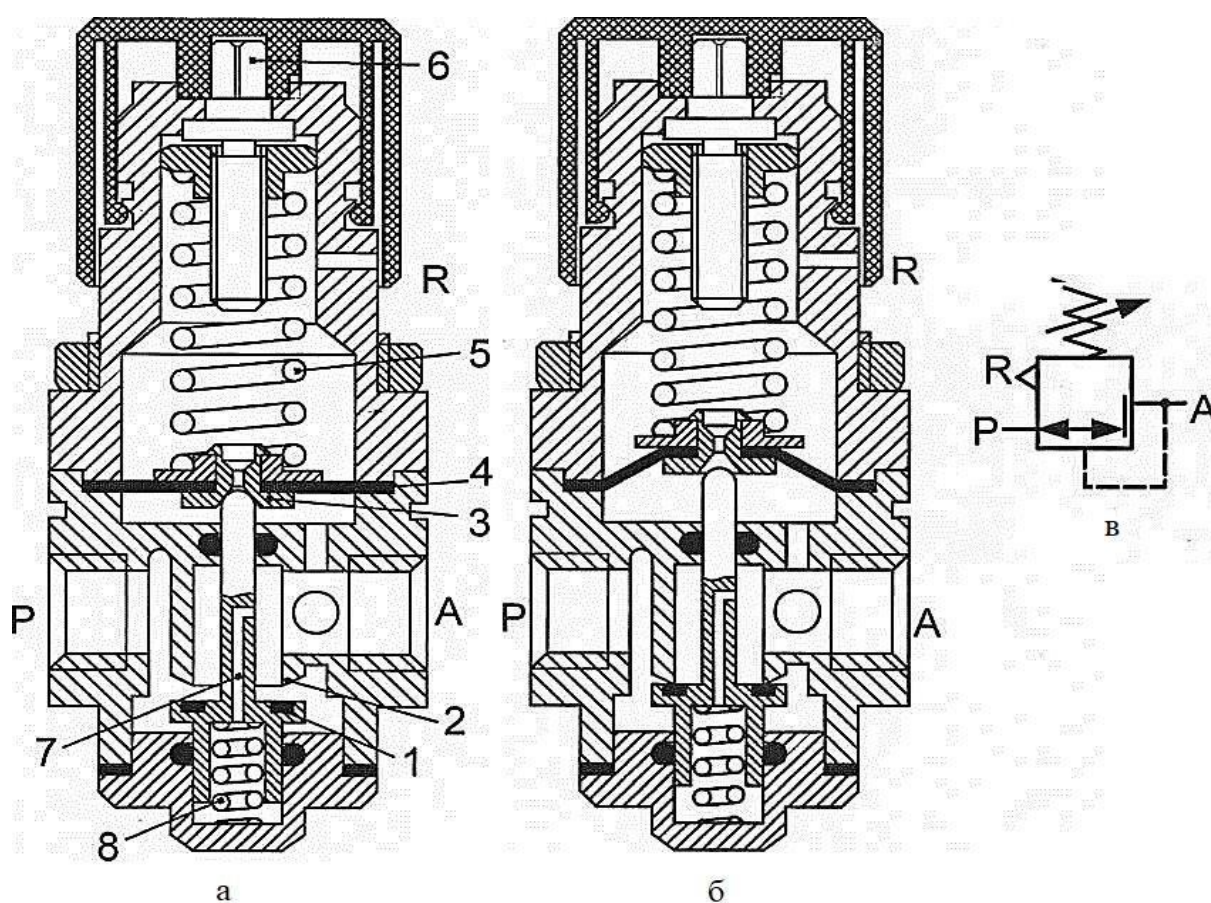


Рис.27.Конструктивная схемаредукционногоклапана

На рис. 27 показано состояние клапан: а) открыт, б) клапан закрыт, в) условное обозначение клапана на схемах. Конструктивные элементы редукционногоклапана:1–регулирующийклапан;2–седлоклапана;3 – заделка мембраны; 4 – мембрана; 5, 8 – пружины; 6 – регулировочный винт; 7 – канал; А – выходная линия клапана; Р – линия питания; R – выхлопная линия.

Если по какой-либо причине давление в выходной линии поднимается выше значения, соответствующего давлению настройки, мембрана поднимается вверх, клапан 1 садится на седло, и за счет дальнейшего подъема мембраны открывается канал в заделке, через который выходная линия А соединяется с атмосферой и происходит сброс сжатого воздуха в атмосферу.

В момент начала работы пневматической системы, как только начнется потребление сжатого воздуха, давление p_2 снизится и усилие пружины станет больше, чем величина силы, которая зависит от величины давления p_2 и воздействует на диафрагму - в результате клапан открывается.

Если в процессе работы пневмосистемы потребление сжатого воздуха сокращается, давление p_2 незначительно увеличится, благодаря чему возрастет сила, действующая на диафрагму и противодействующая усилию пружины. Диафрагма и клапан начнут подниматься до тех пор, пока усилие пружины и сила давления воздуха не будут снова уравновешены. Расход воздуха, проходящего через клапан, будет снижаться до тех пор, пока он не придет в соответствие с интенсивностью потребления сжатого воздуха и не установится необходимое выходное давление. При отсутствии потребления сжатого воздуха регулировочный клапан находится в состоянии, близком к закрытому.

К основным параметрам редукционных клапанов относятся: условный проход D_u , характеризующий размер проходного сечения; номинальные значения расхода Q и давления p_1 на входе в клапан, диапазон изменения давления p_2 , а также точность поддержания заданной величины давления p_2 в рабочем диапазоне изменения расхода.

Статические характеристики редукционного клапана определяют зависимости давления на выходе из клапана от давления на входе и от расхода газа через него. Целью данной работы является экспериментальное получение расходной характеристики редукционного клапана $p_2=f(Q)$.

Лабораторная работа №16

Исследование работы редукционного клапана

Цель работы:

1. Изучить конструкцию и принцип работы предохранительного клапана.
2. Выполнить лабораторную работу и построить расходные характеристики предохранительного клапана.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Для выполнения работы используется пневматическая часть стенда. Подготовить стенд к работе (см. описание стенда). Полностью закрыть редукционный клапан.
2. Включить компрессор, дождаться заполнения ресивера.
3. Редукционным клапаном поднять давление до 90 кПа по манометру M_0 (рис. 2 описания стенда).
4. Частично открыть вентиль 6 (рис. 2 описания стенда) до появления расхода воздуха расходомеру с ЦИ около 5 л/мин.
5. Занести показания манометра M_0 и расхода по расходомеру в табл. 16.
6. Открыть вентиль 6 для увеличения величины расхода воздуха на 2-3 л/мин.
7. Занести показания манометра M_0 и расхода по расходомеру в табл. 16.
8. Повторить пункты 6, 7 до полного открытия вентиля 6.
9. Закрыть редукционный клапан (установить выходное давление на 0).
Закрыть вентиль 6.
10. Редукционным клапаном установить давление 50 кПа по манометру M_0 .
11. Повторить пункты 4-9.
12. По данным табл. 16 построить зависимости давления на выходе редукционного клапана от расхода воздуха для двух различных давлений настройки. Проанализировать результаты, сделать выводы.
13. Подготовить отчет и представить его преподавателю.

Таблица 16

Результаты исследования работы редукционного клапана

номер измерения	Давление настройки $p=90$ кПа		Давление настройки $p=50$ кПа	
	Q	P_{M_0}	Q	P_{M_0}

Общие требования к оформлению отчета

1. На титульном листе должны быть указаны: наименование университета, кафедры, название работы, фамилия студента, преподавателя и номер группы, год (Приложение 4).

2. Текстовая часть отчета выполняется на одной стороне белой бумаги формата А4 машинописным способом через 1,15 межстрочных интервала. Допускается выполнение отчетов рукописным способом, аккуратным разборчивым почерком.

3. В состав отчета должны входить следующие материалы: титульный лист, краткое содержание лабораторной работы с представлением схемы, применяемых формул расчета, таблицы результатов измерений, графики, выводы по лабораторной работе.

Вопросы для закрепления тем:

Тема 1

1. Какие типы термосопротивлений Вы знаете?
2. Каковы различия термопреобразователей, имеющих маркировку МиП?
3. Определите назначение коэффициента α
4. Что такое динамические характеристики терморезисторного преобразователя?

Тема 2

1. Какие типы датчиков давления Вы знаете?
2. Что такое избыточное давление?
3. С помощью каких устройств создают вакуум?
4. Что такое относительная погрешность измерения?

Тема 3

1. Дайте определение: что такое расход жидкости?
2. Какие способы измерения расхода жидкости Вы знаете?
3. Каковы отличия способов измерения расхода жидкости от измерения расхода газа?
4. Что представляет собой способ измерения расхода воды по величине падения давления на мерной диафрагме?
5. Что такое уравнение равновесия поплавка? К какому типу расходомеров оно относится?

Тема 4

1. Каково устройство редукционного клапана?
2. Каков принцип работы редукционного клапана?
3. От чего зависят объемные характеристики работы циркуляционного насоса?

4. Чем отличается работа циркуляционного насоса от работы поршневого?
5. От чего зависит величина напора насоса?

Библиографический список

Калиниченко А. В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике : учебно-практическое пособие / А. В. Калиниченко, Н. В. Уваров, В. В. Дойников. - Москва: Инфра-Инженерия, 2020., 580 с.

Приложение 1

Внешний вид стенда (верх)



Продолжение Приложения 1
Внешний вид стенда (низ)



Приложение 2
Номинальная статическая характеристика для медных
термопреобразователей сопротивления чувствительных
элементов $R_0=100\text{ Ом}$, $\alpha= 0,00426\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

t, °C	Сопротивление ТС при температуре t, Ом									
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
-50	78,7									
-40	82,96	82,534	82,108	81,682	81,256	80,83	80,404	79,978	79,552	79,126
-30	87,22	86,794	86,368	85,942	85,516	85,09	84,664	84,238	83,812	83,386
-20	91,48	91,054	90,628	90,202	89,776	89,35	88,924	88,498	88,072	87,646
-10	95,74	95,314	94,888	94,462	94,036	93,61	93,184	92,758	92,332	91,906
0	100	99,574	99,148	98,722	98,296	97,87	97,444	97,018	96,592	96,166

Продолжение Приложения 2

t, °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	100,4 26	100,8 52	101,2 78	101,7 04	102,1 3	102,5 56	102,9 82	103,4 08	103,8 34
10	104,2 6	104,6 86	105,1 12	105,5 38	105,9 64	106,3 9	106,8 16	107,2 42	107,6 68	108,0 94
20	108,5 2	108,9 46	109,3 72	109,7 98	110,2 24	110,6 5	111,0 76	111,5 02	111,9 28	112,3 54
30	112,7 8	113,2 06	113,6 32	114,0 58	114,4 84	114,9 1	115,3 36	115,7 62	116,1 88	116,6 14
40	117,0 4	117,4 66	117,8 92	118,3 18	118,7 44	119,1 7	119,5 96	120,0 22	120,4 48	120,8 74
50	121,3	121,7 26	122,1 52	122,5 78	123,0 04	123,4 3	123,8 56	124,2 82	124,7 08	125,1 34
60	125,5 6	125,9 86	126,4 12	126,8 38	127,2 64	127,6 9	128,1 16	128,5 42	128,9 68	129,3 94
70	129,8 2	130,2 46	130,6 72	131,0 98	131,5 24	131,9 5	132,3 76	132,8 02	133,2 28	133,6 54
80	134,0 8	134,5 06	134,9 32	135,3 58	135,7 84	136,2 1	136,6 36	137,0 62	137,4 88	137,9 14
90	138,3 4	138,7 66	139,1 92	139,6 18	140,0 44	140,4 7	140,8 96	141,3 22	141,7 48	142,1 74
100	142,6	143,0 26	143,4 52	143,8 78	144,3 04	144,7 3	145,1 56	145,5 82	146,0 08	146,4 34
110	146,8 6	147,2 86	147,7 12	148,1 38	148,5 64	148,9 9	149,4 16	149,8 42	150,2 68	150,6 94
120	151,1 2	151,5 46	151,9 72	152,3 98	152,8 24	153,2 5	153,6 76	154,1 02	154,5 28	154,9 54
130	155,3 8	155,8 06	156,2 32	156,6 58	157,0 84	157,5 1	157,9 36	158,3 62	158,7 88	159,2 14
140	159,6 4	160,0 66	160,4 92	160,9 18	161,3 44	161,7 7	162,1 96	162,6 22	163,0 48	163,4 74
150	163,9	164,3 26	164,7 52	165,1 78	165,6 04	166,0 3	166,4 56	166,8 82	167,3 08	167,7 34
160	168,1 6	168,5 86	169,0 12	169,4 38	169,8 64	170,2 9	170,7 16	171,1 42	171,5 68	171,9 94
170	172,4 2	172,8 46	173,2 72	173,6 98	174,1 24	174,5 5	174,9 76	175,4 02	175,8 28	176,2 54

180	176,6 8	177,1 06	177,5 32	177,9 58	178,3 84	178,8 1	179,2 36	179,6 62	180,0 88	180,5 14
190	180,9 4	181,3 66	181,7 92	182,2 18	182,6 44	183,0 7	183,4 96	183,9 22	184,3 48	184,7 74
200	185,2									

Перечень формул для расчета основных погрешностей измерения температуры контрольно-измерительными приборами

Абсолютную погрешность Δ термометров рассчитывается по формуле (1):

$$\Delta = |t_{\text{изм}} - t_{\text{обр}}| \quad (1)$$

где $t_{\text{изм}}$ — значение температуры на шкале термометра; $t_{\text{обр}}$ — показание образцового датчика (принимается за действительное значение).

Относительную погрешность δ рассчитывается по формуле (2):

$$\delta = \frac{\Delta \cdot 100\%}{t_{\text{обр}}} \quad (2)$$

Приведенную погрешность γ рассчитывается по формуле (3):

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot 100\%}{t_{\text{max}}} \quad (3)$$

где t_{max} — максимальное значение температуры, измеряемое на шкале термометра или диапазон измерений шкалы.

