

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

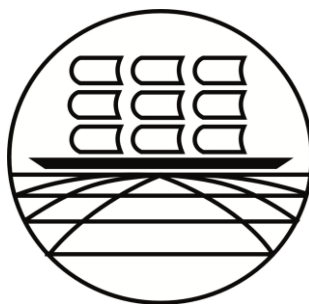
УТВЕРЖДАЮ

Начальник ММРК им. И.И. Месяцева  
ФГБОУ ВО «МГТУ»

И.В. Артеменко

(подпись)

«31» августа 2019 г.



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

учебной дисциплины ОП.04 Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия  
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)  
специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных  
машин и установок (по отраслям)  
по программе базовой подготовки  
форма обучения: очная, заочная

Мурманск  
2019

## Рассмотрено и одобрено на заседании

Методической комиссии преподавателей дисциплин профессионального цикла специальностей отделения судовой энергетики

Председатель МК

В.И. Миронов

Протокол от 29 мая 2019 г.

## Разработано

на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 18 апреля 2014г. № 348 и Международной конвенции о подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 года и Кодекса по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских поправок) с поправками в части выполнения требований раздела А-III/1

Автор (составитель): Рожнова Т.Г., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Ф. , ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

Эксперт (рецензент) Быкова М.В., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

*Внутренний*

Ф. , ученая степень, звание, должность, квалиф. категория







## Содержание

Введение .....	7
Цели и задачи практической (лабораторной) работы .....	7
Требования к результатам освоения .....	7
Порядок выполнения практической (лабораторной) работы обучающихся .....	12
Практическая работа №1 .....	12
Практическая работа №2 .....	19
Практическая работа №3 .....	19

## Введение

**1.1. Методические указания по практическим и лабораторным работам обучающихся по учебной дисциплины «Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия»** разработана в соответствии ФГОС СПО по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 18 апреля 2014г. № 348 и Международной конвенции о подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 года и Кодекса по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских поправок) с поправками в части выполнения требований раздела А-III/1; учебного плана очной и заочной форм обучения, утвержденного 31.05.2019 г.

**1.2 Цели и задачи практической (лабораторной) работы** - требования к результатам освоения учебной дисциплины: обеспечить более высокий уровень подготовки обучающихся технического профиля.

### **1.3 Требования к результатам освоения:**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

У1 оформлять технологическую и техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой на основе использования

У2 основных положений метрологии, стандартизации и сертификации в производственной деятельности;

У 3 применять документацию систем качества;

У 4 применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов;

**знать:**

З 1 документацию систем качества;

З 2 единство терминологии, единиц измерения с действующими стандартами и международной системой единиц СИ в учебных дисциплинах;

З 3 основные положения систем (комплексов) общетехнических и организационно-методических стандартов;

З 4 основные понятия и определения метрологии, стандартизации и сертификации;

З 5 основы повышения качества продукции.

Процесс изучения дисциплины Метрология, стандартизация и сертификация направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС СПО (табл. 1).

Таблица 1 Компетенции, формируемые дисциплиной Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия в соответствии с ФГОС СПО

<b>Код компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Требования к знаниям, умениям, практическому опыту</b>
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	У 1, У 3, У 4, З1, З 2, З 3, З 4
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	У 1, У 2, У 4, З1, З 2, З 3, З 4, З 5

ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 2, З 3, З 4, З 5
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	У 1, У 2, У 4, З1, З 2, З 3, З 4
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 2, З 3, З 5
ОК 6.	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 3, З 4, З 5
ОК 7.	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	У 1, У 2, У 4, З1, З 2, З 3, З 4, З 5
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 2, З 3, З 5
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	У 1, У 2, У 3, З1, З 3, З 4, З 5
ПК 1.1	Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям).	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 2, З 3, З 5
ПК 1.2	Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.	У 1, У 2, , З 2, З 3, З 4, З 5
ПК 1.3	Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования.	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 2, З 3,
ПК 1.4	Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования.	У 1, У 2, У 4, З1, З 2, З 3, З 4
ПК 2.1	Участвовать в организации и выполнять работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования.	У 1, У 2, У 4, З1, З 2, З 4, З 5
ПК 2.2	Участвовать в организации и выполнять работы по ремонту холодильного оборудования с использованием различных приспособлений и инструментов.	У 1, У 2, У 4, З1, З 2, З 3, З 4, З 5
ПК 2.3	Участвовать в организации и выполнять различные виды испытаний холодильного оборудования.	У 1, У 2, У 3, У 4, З1, З 2, З 3, З 4, З 5



ПК 3.1	Участие в планировании работы структурного подразделения для реализации производственной деятельности.	У 1, У 2, У 4, 31, 3 2, 3 3, , 3 5
ПК 3.2	Участие в руководстве работой структурного подразделения для реализации производственной деятельности.	У 2, У 3, У 4, 31, 3 2, 3 3, 3 4, 3 5
ПК 3.3	Участвовать в анализе и оценке качества выполняемых работ структурного подразделения.	У 1, У 2, У 4, 31, 3 2, 3 3, 3 4, 3 5

Компетентности, формируемые дисциплиной Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия в соответствии с Конвенцией ПДНВ (*заполняется в соответствии с таблицей А-III/1 Кодекса ПДНВ*)

<b>Код компетентности</b>	<b>Компоненты компетентности, степень их реализации</b>	<b>Знание, понимание и профессиональные навыки</b>
МК 3.1.	Компетентность «Правильное использование ручных инструментов, станков и измерительных инструментов для изготовления деталей и ремонта на судне» реализована полностью.	Характеристики и ограничения материалов, используемых при постройке и ремонте судов и оборудования Характеристики и ограничения процессов, используемых для изготовления и ремонта Свойства и параметры, учитываемые при изготовлении и ремонте систем и их компонентов Техника безопасности в условиях мастерских

## 2. Тематический план видов практической работы обучающихся

Наименование разделов и тем	Содержание практической работы обучающихся	Аудиторная учебная нагрузка, час	Практическая работа обучающегося, час
1	2	3	4
<b>Раздел 1. Метрология и основы технических измерений</b>			
Тема 1.1. Основные понятия о размерах	<b>Практическая работа №1</b>	<b>8</b>	
	Нанесение размеров на чертеже технической детали.		<b>4</b>
Тема 1.2. Система допусков и посадок	<b>Практическая работа №2</b>	<b>6</b>	
	Графическое построение полей допусков и посадок.		<b>4</b>
Тема 1.3. Основы технических измерений	<b>Лабораторная работа № 1</b>	<b>14</b>	
	Изучение измерительных инструментов		<b>2</b>
	<b>Лабораторная работа №2.</b>		
	Измерение линейных размеров		<b>2</b>
	<b>Лабораторная работа № 3.</b>		
	Измерение угловых размеров		<b>2</b>
Тема 1.4. Нормирование и измерение шероховатости поверхности			
Тема 1.5. Нормирование и измерение отклонений формы и расположения поверхностей	<b>Практическая работа №3</b>	<b>6</b>	
	Определение отклонений формы поверхности		<b>4</b>
Тема 1.6. Нормирование и измерение различных видов соединений	<b>Практическая работа № 4.</b>	<b>12</b>	
	Расчет допусков и посадок подшипников качения		<b>2</b>
	<b>Практическая работа № 5.</b>		
	Расчет посадки призматической шпонки по ширине и длине.		<b>2</b>

Bcero	<b>56</b>	<b>18</b>
-------	-----------	-----------

## Порядок выполнения практической (лабораторной) работы обучающихся

### Раздел 1. Метрология и основы технических измерений

#### Тема 1.1. Основные понятия о размерах

#### Практическая работа №1

**Тема:** Нанесение размеров на чертеже технической детали

**Цель занятия:** сформировать умения и навыки в работе с нанесением размеров на чертеже технической детали

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:**

*знать* практическое применение способов нанесения размеров на чертеже технической детали;

*уметь* наносить размеры на чертежи технической детали.

**Оборудование:** чертежные инструменты

#### Перечень используемых источников:

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

3. Синявская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Синявская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>

4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

#### Содержание и порядок выполнения работы

Чтобы рационально наносить и правильно читать размеры, нужно изучить некоторые условности, установленные ГОСТ 2.307–2011, учитывать технологию изготовления деталей и их конструктивные особенности.

Размеры на рабочих чертежах проставляются так, чтобы ими удобно было пользоваться в процессе изготовления деталей и при их контроле после изготовления.

В дополнение к изложенному в п. 1.7 "Основные сведения о нанесении размеров" здесь приводятся некоторые правила нанесения размеров на чертежах.

Когда деталь имеет несколько групп отверстий, близких по своим размерам, изображения каждой группы отверстий необходимо пометить специальными знаками. В качестве таких знаков применяют зачерненные секторы окружностей, используя разное их число и расположение для каждой из групп отверстий (рис. 1).

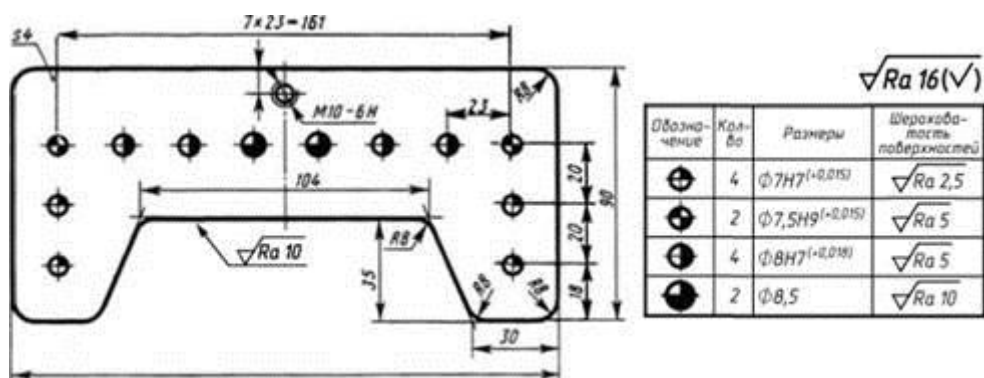


Рисунок 1 - Размеры, координирующие положение отверстий и наклонных поверхностей

Допускается размеры и количество отверстий каждой группы указывать не на изображении детали, а в табличке.

Для деталей, имеющих симметрично расположенные, одинаковые по конфигурации и величине элементы, их размеры на чертеже наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры. Исключение составляют одинаковые отверстия, количество которых всегда указывают, а их размер наносят только один раз (рис. 2).

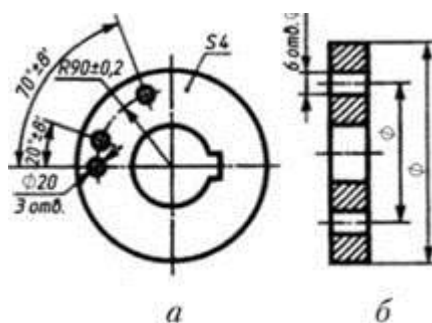


Рисунок 2 - Размеры, координирующие неравномерно расположенные элементы

Деталь, изображенная на рис. 1, имеет ряд отверстий с одинаковым расстоянием между ними. В таких случаях вместо размерной цепочки, повторяющей один и тот же размер несколько раз, его наносят один раз (см. размер 23). Затем проводят выносные линии между центрами крайних отверстий цепочки и наносят размер в виде произведения, где первый множитель – количество промежутков между центрами соседних отверстий, а второй – размер этого промежутка (см. размер  $7 \times 23 = 161$  на рис. 1). Такой способ нанесения размеров рекомендуется для чертежей деталей с одинаковым расстоянием между одинаковыми элементами: отверстиями, вырезами, выступами и т.п.

Положение центров отверстий или других одинаковых элементов, неравномерно расположенных по окружности, определяют угловыми размерами (рис. 2, а). При равномерном распределении одинаковых элементов по окружности угловые размеры не наносят, а ограничиваются указанием количества этих элементов (рис. 2, б).

Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу детали (отверстию, выступу, канавке и т.д.), следует наносить в одном месте, группируя их на том изображении, на котором этот элемент изображается наиболее ясно (рис. 3).

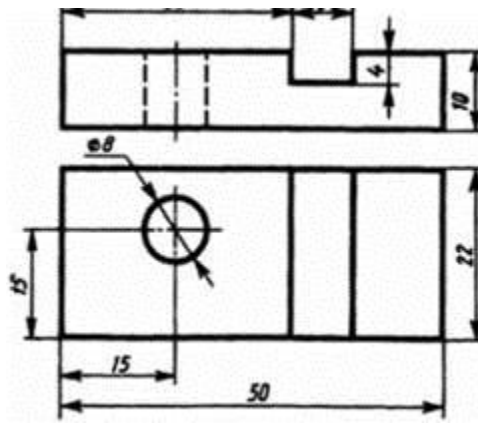


Рисунок 3 - Группировка размеров

Положение наклонной поверхности может быть задано на чертеже размером угла и двумя (рис. 4, *а*) или тремя линейными размерами (рис. 4, *б*). Если наклонная поверхность не пересекается с другой, как в первых двух случаях, а сопрягается с криволинейной поверхностью, прямолинейные участки контура продлевают тонкой линией до их пересечения и от точек пересечения проводят выносные линии для нанесения размеров.

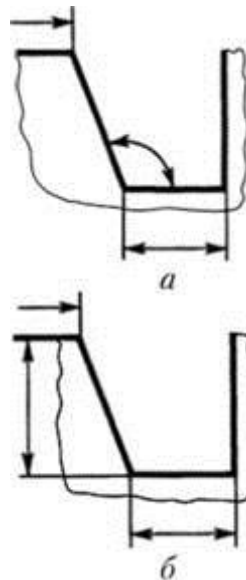


Рисунок 4 - Размеры, определяющие положение наклонных поверхностей:  
*а* – первый случай; *б* – второй случай

ГОСТ 2.307–68 установил также правила изображения и нанесения размеров отверстий на видах при отсутствии разрезов (сечений) (рис. 5). Эти правила позволяют уменьшить число разрезов, выявляющих форму этих отверстий. Делается это за счет того, что на видах, где отверстия показываются окружностями, после указания диаметра отверстия наносят: размер глубины отверстия (рис. 5, *б*), размер высоты фаски и угол (рис. 5, *в*), размер диаметра фаски и угол (рис. 5, *г*), размер диаметра и глубины цековки (рис. 5). Если после указания диаметра отверстия нет дополнительных указаний, то отверстие считается сквозным (рис. 5, *а*).

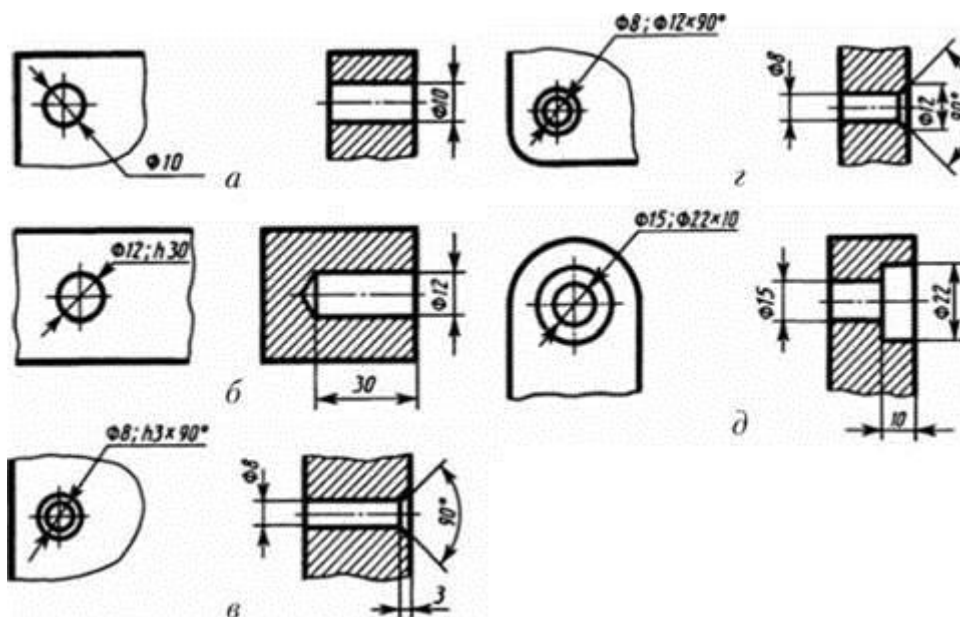


Рисунок 6 - Нанесение размеров отверстий в разрезах и на видах (при отсутствии разрезов)

При простановке размеров принимают во внимание способы измерения деталей и особенности технологического процесса их изготовления.

Например, глубину открытого шпоночного паза на наружной цилиндрической поверхности удобно измерять с торца, поэтому на чертеже следует нанести размер, данный на рис. 7, а.

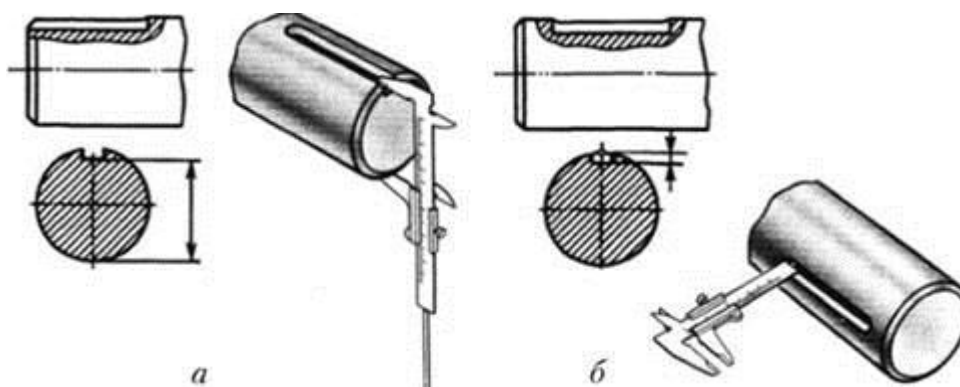


Рисунок 7 - Нанесение размера глубины шпоночного паза:  
а – открытого; б – закрытого

Такой же размер закрытого паза легче проверить, если нанесен размер, указанный на рис. 7, б. Глубину шпоночного паза на внутренней цилиндрической поверхности удобно контролировать по размеру, проставленному на рис. 8.

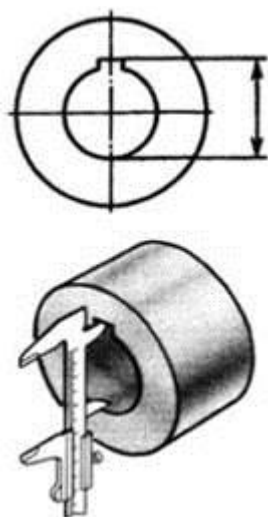


Рисунок 8 - Нанесение размера глубины шпоночного паза, выполненного в отверстии

Размеры нужно проставлять так, чтобы при изготовлении детали не приходилось выяснять что-либо путем подсчетов. Поэтому размер, проставленный на сечении по ширине лыски (рис. 9), следует считать неудачным. Размер, определяющий лыску, правильно показан в правой части рис. 9.

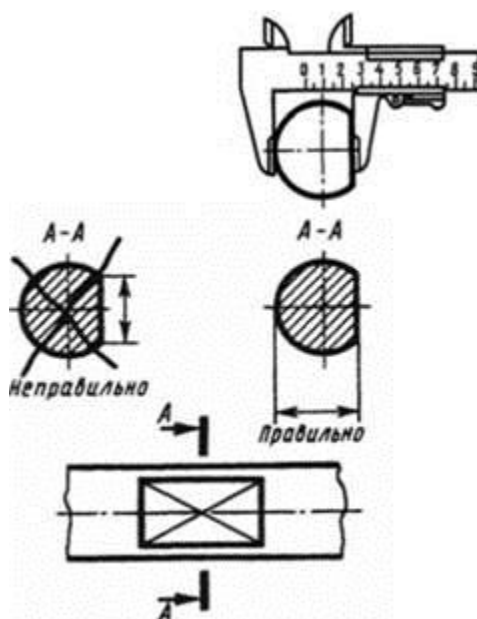


Рисунок 9 - Нанесение размера, определяющего величину лыски

На рис. 10 показаны примеры простановки размеров цепным, координатным и комбинированным способами. При цепном способе размеры располагаются на цепочке размерных линий, как показано на рис. 10, а. При простановке общего (габаритного) размера цепь считается замкнутой. Замкнутая размерная цепь допускается в том случае, если один из ее размеров является справочным, например габаритный (рис. 10, а) или входящий в цепь (рис. 10, б).

Справочными называются размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом. Справочные размеры на чертеже отмечаются знаком в виде звездочки, который наносится справа от размерного числа. В технических требованиях повторяют этот знак и записывают: *Размер для справок* (рис. 10, а, б).



К справочному размеру, входящему в замкнутую цепь, предельных отклонений не проставляют. Наибольшее распространение имеют незамкнутые цепи. В таких случаях один размер, при выполнении которого допустима самая меньшая точность, исключают из размерной цепи или не проставляют габаритный размер.

Постановку размеров по координатному способу производят от заранее выбранной базы. Например, на рис. 10, в этой базой служит правый торец валика.

Наиболее часто применяют комбинированный способ простановки размеров, который представляет собой сочетание цепного и координатного способов (рис. 10, з).

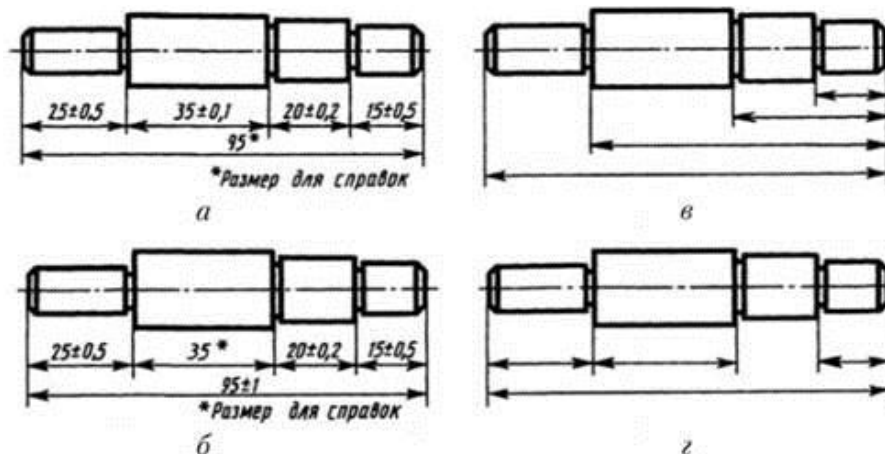


Рисунок 10 - Способы нанесения размеров длины на чертеже вала:  
а, б – цепной; в – координатный; г – комбинированный

На рабочих чертежах механически обработанных деталей, у которых острые кромки или ребра должны быть скруглены, указывают величину радиуса скругления (обычно в технических требованиях), например: *Радиусы скруглений 4 мм* или *Неуказанные радиусы 8 мм*.

Размеры, определяющие положение шпоночных пазов, также проставляют с учетом технологического процесса. На изображении паза для сегментной шпонки (рис. 11, а) взят размер до центра дисковой фрезы, которой шпоночный паз будут фрезеровать, а положение паза для призматической шпонки устанавливают размером до его края (рис. 11, б), так как этот паз прорезают пальцевой фрезой.

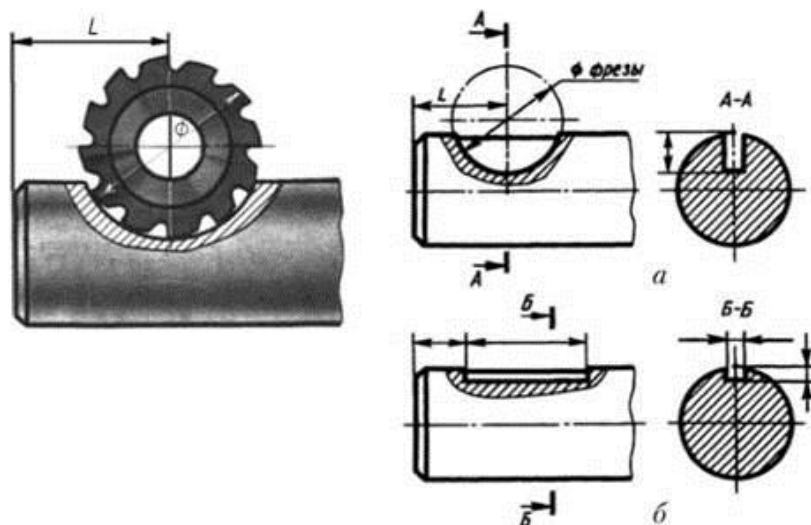


Рисунок 11 - Нанесение размеров, определяющих положение шпоночных пазов:  
а – для сегментной шпонки; б – для призматической

Некоторые элементы деталей зависят от формы режущего инструмента. Например, дно глухого цилиндрического отверстия получается коническим, потому что коническую форму имеет режущий конец сверла. Размер глубины таких отверстий, за редким исключением, проставляют по цилиндрической части (рис. 12).

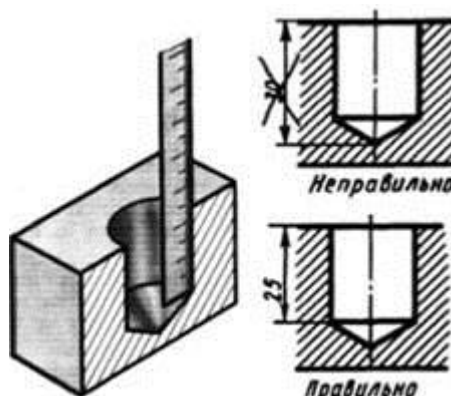


Рисунок 12 - Нанесение размера глубины отверстия, полученного сверлением

На чертежах деталей, имеющих полости, внутренние размеры, относящиеся к длине (или высоте) детали, наносят отдельно от наружных. Например, на чертеже корпуса группа размеров, определяющая наружные поверхности, размещена выше изображения, а внутренние поверхности детали определяет другая группа размеров, находящаяся ниже изображения (рис. 13).

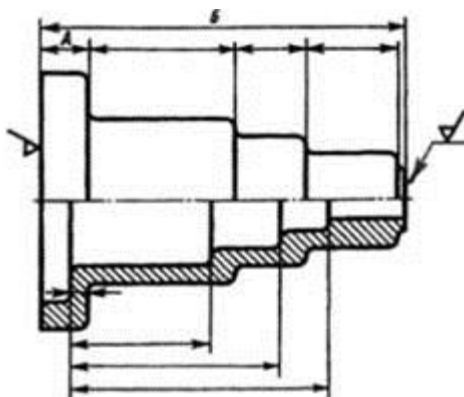


Рисунок 13 - Нанесение наружных и внутренних размеров детали

Когда только часть поверхностей детали подлежит механической обработке, а остальные должны быть «черными», т.е. такими, какими они получились при литье, ковке, штамповке и т.д., размеры проставляют по особому правилу, также установленному ГОСТ 2.307-2011. Группа размеров, относящихся к обработанным поверхностям (т.е. образованных со снятием слоя материала), должна быть связана с группой размеров "черных" поверхностей (т.е. образованных без снятия слоя материала) не более чем одним размером по каждому координатному направлению.

У корпуса только две поверхности должны быть обработаны механически. Размер, связывающий группы наружных и внутренних размеров, отмечен на чертеже корпуса буквой А.

Если бы размеры полости корпуса были проставлены от плоскости левого торца детали, при его обработке нужно было бы выдерживать предельные отклонения сразу нескольких размеров, что практически невозможно.

### Контрольные вопросы.

1. Какими нормативными документами руководствуются при нанесении размеров на чертеж деталей?
2. Назовите способы нанесения размеров на чертеж деталей
3. Назовите особенности нанесения размеров глубины
4. Назовите способы нанесения наружных и внутренних размеров детали

## Тема 1.2. Система допусков и посадок

### Практическая работа №2

**Тема:** Графическое построение полей допусков и посадок.

**Цель занятия:** сформировать умения и навыки графического построения полей допусков и посадок.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:**

*знать* практическое применение способов построения полей допусков и посадок.

*уметь* графически строить поля допусков и посадок

**Оборудование:** чертежные инструменты

### Перечень используемых источников:

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

3. Синявская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Синявская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>

4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

### Содержание и порядок выполнения работы

**Рассчитать предельные размеры деталей, допуски размеров, величины зазоров (натягов), допуски посадки в сопряжении при изготовлении механизма и ремонте механизма. Выполнить графическое построение полей допусков сопряженных деталей относительно нулевой линии с указанием номинального размера, отклонений, допусков предельных зазоров (натягов).**

При изготовлении механизма тип соединения характеризуется посадкой

$$\text{Ø}100 \frac{H7}{g6} \begin{pmatrix} +0,035 \\ -0,012 \\ -0,034 \end{pmatrix}$$

Тогда наибольший зазор

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 100,035 - 99,966 = 0,069 \text{ мм,}$$

наименьший зазор

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 100 - 99,988 = 0,012 \text{ мм}$$

При ремонте размер вала  $d_p=102,6^{+0,02}$

Определить ремонтные размеры отверстия при сохранении первоначальных значений зазора и требуемой степени точности сопряжения.

Решение:

Вал:

$$d_{pmax} = 102,6+0,02=102,62 \text{ мм}$$

$$d_{pmin} = 102,6 \text{ мм}$$

$$S_{max} = 0,069 \text{ мм}$$

$$S_{min} = 0,012 \text{ мм}$$

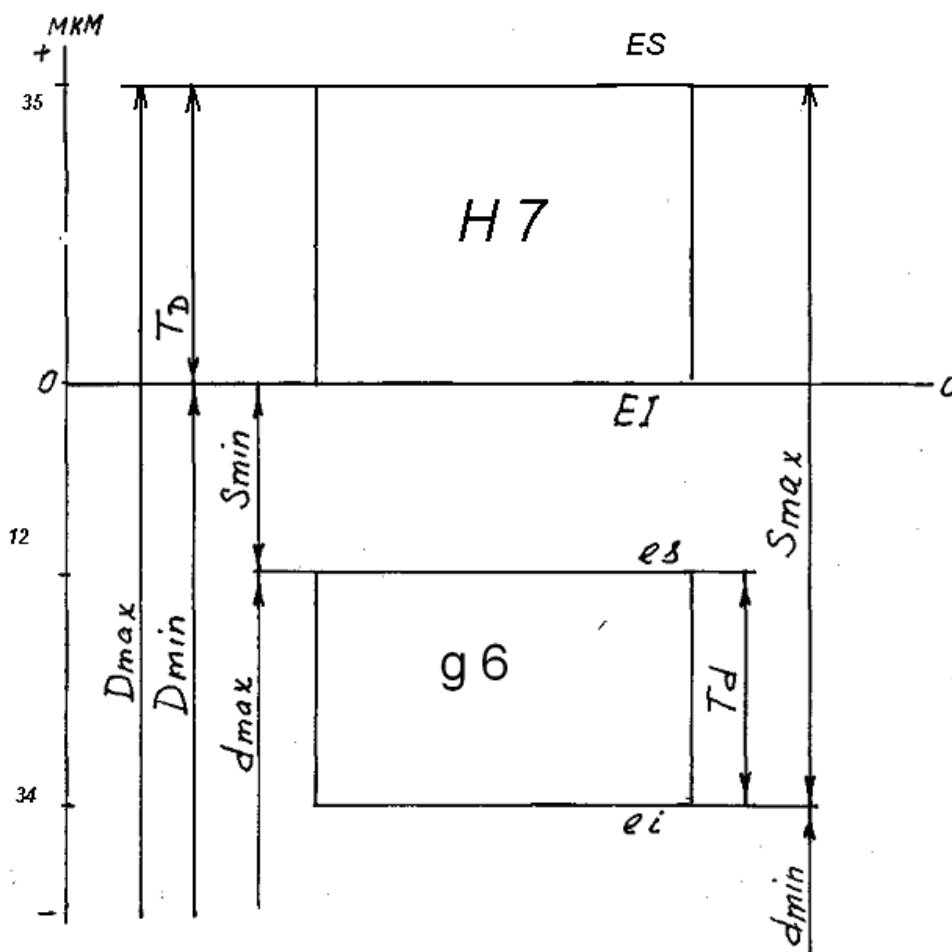
Отверстие:

$$D_{pmax} = d_{pmin} + S_{max} = 102,6+0,069 = 102,669 \text{ мм}$$

$$D_{pmin} = d_{pmax} + S_{min} = 102,62+0,012 = 102,632 \text{ мм}$$

$$D_p = 102,6 \begin{pmatrix} +0,069 \\ +0,032 \end{pmatrix}$$

Графическое построение полей допусков отверстия и вала при посадке с зазором  $\text{Ø}100 \frac{H7}{g6}$



## Тема 1.3. Основы технических измерений

### Лабораторная работа № 1

*Компетентность, формируемая дисциплиной Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия в соответствии с Конвенцией ПДНВ (в соответствии с таблицей А-III/1 Кодекса ПДНВ): «Правильное использование ручных инструментов, станков и измерительных инструментов для изготовления деталей и ремонта на судне»*

**Тема:** Изучение измерительных инструментов

**Цель занятия:** практически ознакомиться с устройством и приемами измерений линейных размеров штангенинструментами, определить погрешности формы цилиндрической детали.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:**

1. Изучить устройство, овладеть правильными приемами измерений штангенинструментами с нониусным и электронным отсчетами.

Научиться определять отклонения формы цилиндрической детали при использовании штангенинструментами.

**Оборудование:** деталь измеряемая, штангенциркули с нониусным и электронным отсчетами.

**Перечень используемых источников:**

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

3. Синявская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Синявская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>

4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров изделий и для разметки. Основанием инструмента является штанга (7) с неподвижной губкой. По штанге перемещается рамка (3) с передвижной губкой, нониусом (10) и зажимным винтом рамки (4). Перемещение рамки осуществляется вручную при освобожденных винтах (4 и 5). Окончательное (точное) перемещение рамки на штангенциркулях ШЦ-II (рис. 1, а) выполняется с помощью микрометрической подачи, состоящей из движка (6), гайки (9) и стопорного винта (5). Для перемещения рамки с помощью микрометрической подачи движок (6) стопорится винтом (5). Измерительные губки имеют плоские поверхности для наружных измерений и закругленные – для внутренних.

Конструктивно штангенциркули различаются пределами измерений, форме измерительных губок и подвижной рамки, а также по точности измерений. В штангенциркулях типа ШЦ-I (рис. 1, в) губки имеют ножевую форму, в результате чего можно сразу получить измеряемый размер. Эти штангенциркули оборудованы ли-нейками глубиномера (13), выполненными совместно с подвижной рамкой для измерения глубин и высот изделий.

В штангенциркулях типа ШЦ-II (рис. 1, а) и ШЦ-III (рис. 1, б) губки выполнены ступенчатыми и имеет определенный суммарный размер, который следует прибавлять к отсчитыва-

емому размеру. Для разметки концы измерительных губок штангенциркулей типа ШЦ-III остро заточены.

Кроме моделей общего назначения инструментальная промышленность по заказам выпускает ряд моделей штангенциркулей, имеющих дополнительные возможности, например, для выполнения разметочных работ (для разметки плоскостей на разных высотах от базового отверстия, для построения углов).

6

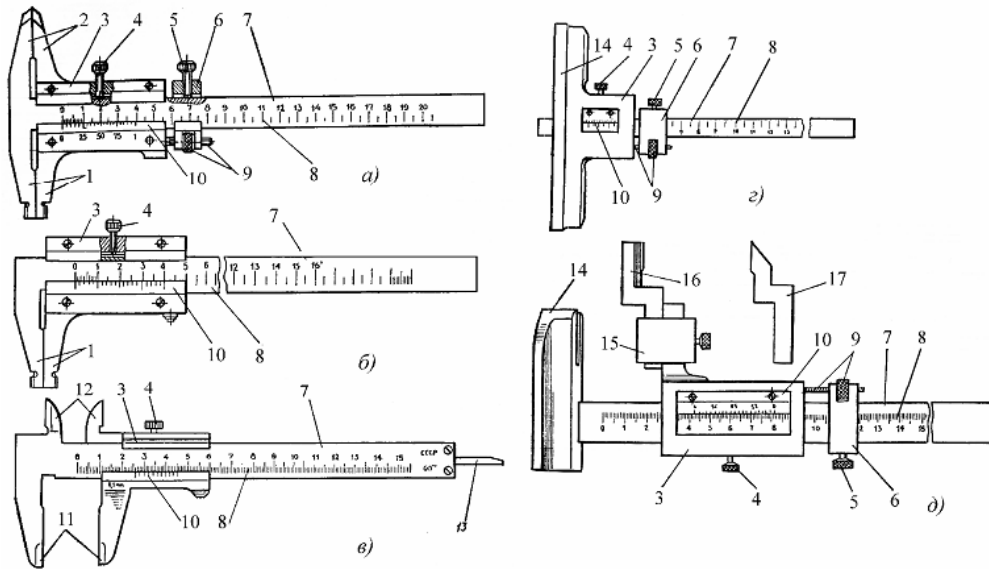


Рисунок 1 – Штангенциркули (а – в), штангенглубиномер (з) и штангенрейсмас (д):

1 – губки для наружных и внутренних измерений; 2 – губки для наружных измерений и разметки; 3 – рамка; 4 – стопорный винт для зажима рамки; 5 – стопорный винт для зажима рамки микрометрической подачи; 6 – рамка микрометрической подачи; 7 – штанга; 8 – шкала штанги; 9 – гайка и винт микрометрической подачи; 10 – нониус; 11 – губки для наружных измерений; 12 – губки для внутренних измерений; 13 – линейка глубиномера; 14 – основание; 15 – хомутик; 16 – измерительная ножка; 17 – разметочная ножка

При отсчете показаний на штангенинструментах определяют сначала целое число миллиметров, которое равно числу миллиметров, расположенных слева от нулевого (крайнего левого) штриха нониуса. Если нулевой штрих нониуса ока-жется между двумя штрихами основной шкалы, то к целому числу миллиметров надо прибавить десятые и сотые доли. Для этого определяют, какой штрих нониуса совпадает с каким-либо штрихом основной шкалы и умножают по-рядковый номер этого штриха на цену деления нониуса (0,1; 0,05).

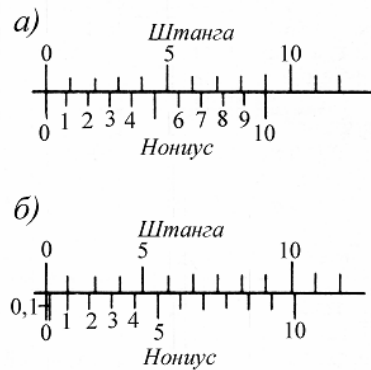


Рисунок 2 – Нониус:  
а – размер равен 0 мм;  
б – размер равен 0,1 мм

**Задание на выполнение лабораторной работы включает следующие операции:**

1. Изобразить чертеж детали с указанием всех измеряемых размеров.
2. Измерить линейные размеры штангенциркулем с нониусным и электронным отсчетом, записать полученные данные в протокол измерений.
3. Определить абсолютную и относительную погрешности измеряемых размеров и занести их в протокол измерений.
4. Занести в протокол измерений основные метрологические характеристики инструментов, используемых при измерениях.
5. Сделать заключение о выполненной работе.
6. Предъявить полностью оформленный протокол измерений преподавателю для проверки и защиты лабораторной работы.

**Технология работы.**

Перед началом измерений необходимо выполнить поверку инструмента. В том случае, если штангенциркуль имеет перекошенные губки, игру рамки, забоины, царапины, продукты коррозии на рабочих поверхностях, стертые штрихи штанги и нониуса, им пользоваться нельзя. Затем необходимо проверить правильность нулевого показателя инструмента. При соприкасающихся измерительных поверхностях губок нулевые штрихи штанги и нониуса должны совпадать, просвет между измерительными поверхностями губок для наружных измерений у исправного инструмента не должен превышать 0,003 мм при величине отсчета по нониусу 0,05 мм и 0,006 мм при величине отсчета 0,1 мм. Величина просвета определяется визуально по составленному из концевых мер длины образцу просвета.

Смещение нулевых штрихов штанги и нониуса не допускается. С целью его устранения нониус у штангенциркулей ШЦ-II и ШЦ-III может перемещаться вдоль рамки, для чего отверстия под крепежные винты изготавливаются эл-липной формы. При смещении нулевого штриха нониуса относительно нулевого штриха штанги необходимо произвести переустановку нониуса, для чего надо отпустить винты крепления нониуса к рамке, передвинуть нониус в нулевое положение и закрепить его винтами. Освободив зажимные винты рамки, проверить плавность ее хода – рамка должна перемещаться по штанге свободно, без качки.

Для измерений штангенциркулем необходимо взять правой рукой за штангу и, перемещая рамку большим пальцем правой руки за выступ на рамке, развести губки инструмента на размер несколько больший размера детали (при измерении наружных размеров) или на размер меньше размера отверстия (при измерении внутренних размеров). Далее привести рабочие поверхности губок инструмента в соприкосновение с измеряемой поверхностью и проверить правильность положения измерительных губок относительно измеряемых поверхностей. Необходимо следить за тем, чтобы губки штангенциркуля прилегали к измеряемой поверхности по всей длине и не перекашивались. При правильной установке инструмента линия измерения 1 перпендикулярна оси детали и проходит через ее центр, а линия измерения 2 перпендикулярна плоскости (рис., а, в, д). Перекос губок и замер по хорде недопустимы: при измерении наружных поверхностей это приведет к увеличению, а при измерении внутренних – к уменьшению размеров (рис., соответственно б, г, е).

При измерении незакрепленной детали левая рука должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис.), при измерении закрепленной детали левая рука должна слегка прижимать губку штанги к измерительной поверхности (рис.). Правой рукой необходимо держать штангенциркуль за штангу (примерно в горизонтальном положении) и большим пальцем этой руки перемещать выступ до соприкосновения с измеряемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

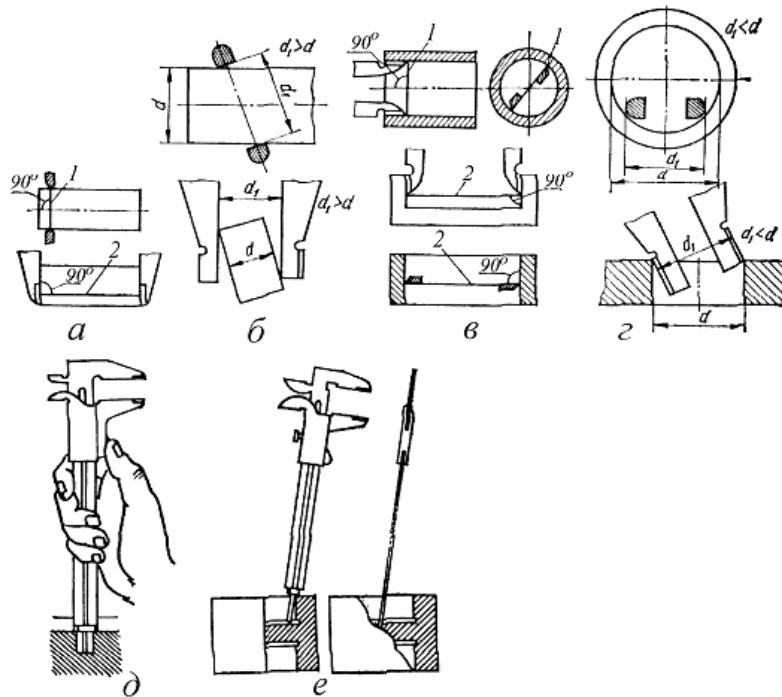


Рисунок 1 - Правильная (а, в, д) и неправильная (б, г, е) установка штангенциркуля при измерениях

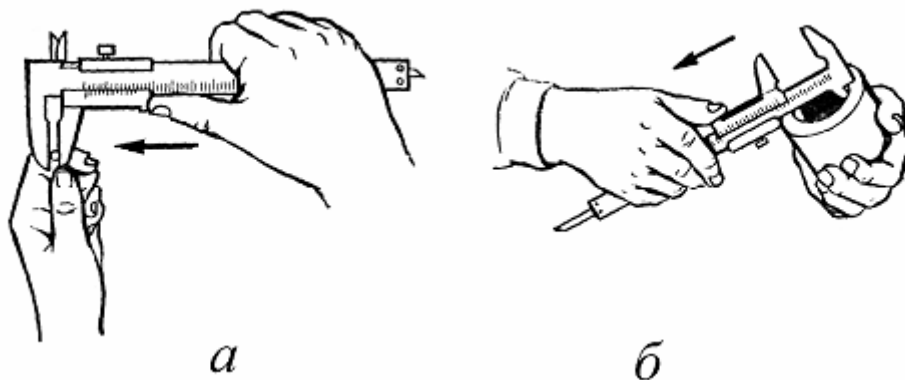


Рисунок 2 – Измерение штангенциркулем наружных (а) и внутренних (б) размеров незакрепленной детали



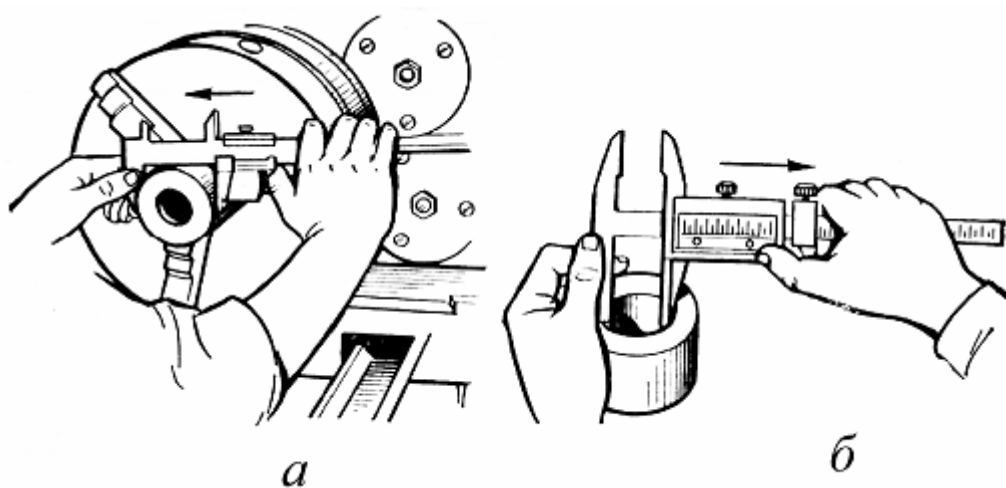


Рисунок 3 – Измерение штангенциркулем наружных (а) и внутренних (б) размеров закрепленной детали

Измерительное усилие определяется на ощупь – измерительные поверхности инструмента должны быть прижаты к измеряемой поверхности детали плотно и вместе с тем должно быть обеспечено их относительное скольжение легким трением детали с поверхностью без качения (рис. 4, а, б). При измерении внутреннего диаметра большого размера измерительное усилие проверяется перемещением губок в вертикальной плоскости. Во избежание перекоса при проверке следует опираться на средние пальцы рук, расположив их возле губок

(рис. 4, в). После окончательной установки штангенциркуля большим и указательным пальцами правой руки при необходимости закрепляется рамка. При этом штанга поддерживается остальными пальцами этой руки, а губки – левой руки. Отсчет показаний производится по основной шкале и нониусу (рис. 5). При измерениях внутренних размеров к показаниям штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III прибавляется толщина губок, указанная на них (рис. 6).

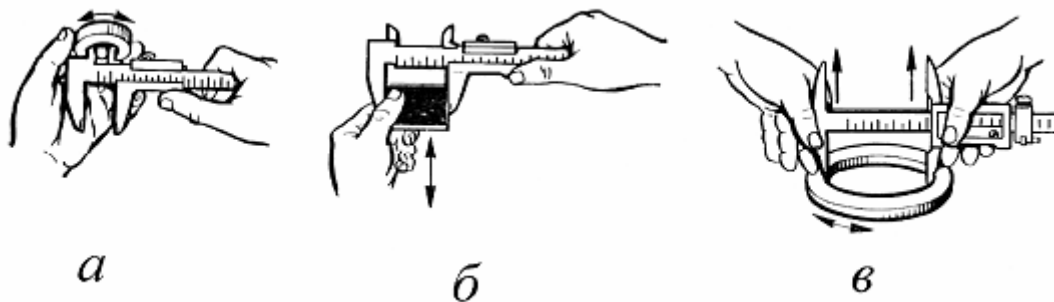


Рисунок 4 – Проверка измерительного усилия

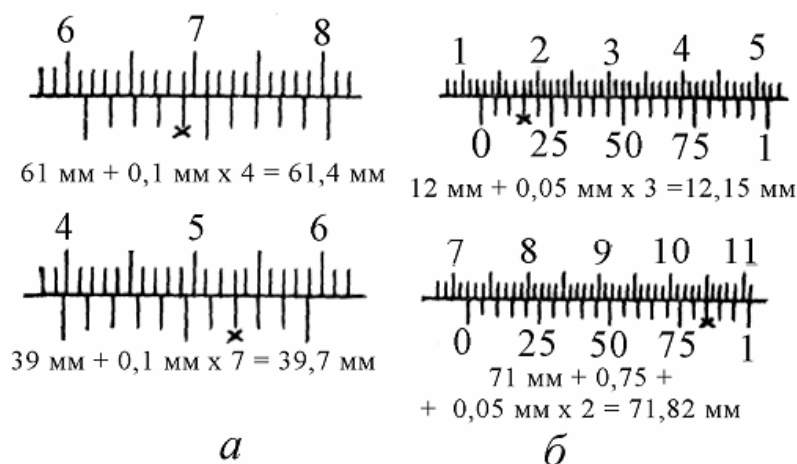


Рисунок 5 – Примеры отсчета показаний по нониусам штангенинструментов

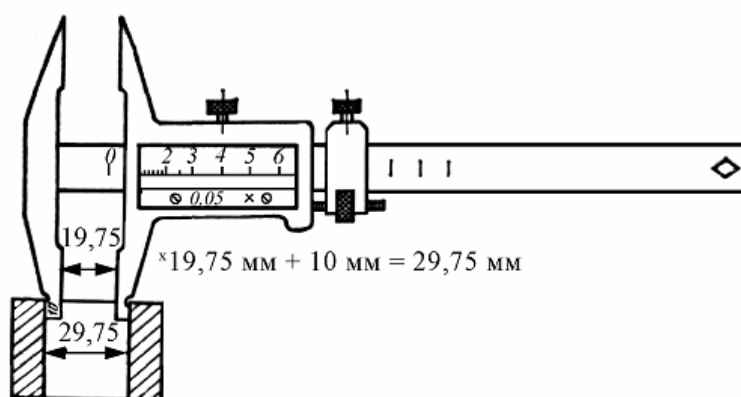


Рисунок 6 – Отсчет показаний измерений внутренних размеров

## Лабораторная работа № 2

*Компетентность, формируемая дисциплиной Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия в соответствии с Конвенцией ПДНВ (в соответствии с таблицей А-III/1 Кодекса ПДНВ): «Правильное использование ручных инструментов, станков и измерительных инструментов для изготовления деталей и ремонта на судне»*

**Тема:** Измерение линейных размеров

**Цель занятия:** практически ознакомиться с устройством и приемами измерений линейных размеров микрометрическими инструментами, определить погрешности формы цилиндрической детали.

**Задачи работы:**

1. Изучить устройство, овладеть правильными приемами измерений микрометрическими инструментами.

2. Научиться определять отклонения формы цилиндрической детали при использовании микрометрическими инструментами.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** знать приемы измерений микрометрическими инструментами, уметь проводить измерения микрометрическими инструментами и определять отклонения формы цилиндрической детали при использовании микрометрическими инструментами.

**Оборудование:** деталь измеряемая, микрометры гладкие, микрометрический глубиномер, микрометрический нутромер

**Перечень используемых источников:**

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.
2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>
3. Синявская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Синявская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>
4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

К группе микрометрических инструментов общего назначения относят:

1. Микрометры:

- гладкие МК ГОСТ 6507-90;
- гладкие с плоскими вставками МВП ГОСТ 4380-93;
- листовые с циферблатом МЛ ГОСТ 6507-90;
- настольные со стрелочным отсчетным устройством МН-1, МН-2 ГОСТ 10387-81;
- рычажные со встроенным в корпус отсчетным устройством МР ГОСТ 4381-87;
- рычажные, оснащенные отсчетным устройством, МРИ ГОСТ 4381-87;
- трубные МТ ГОСТ 6507-90;
- зубомерные МЗ ГОСТ 6507-90;
- резьбовые со вставками МВМ ГОСТ 4380-93.

2. Глубиномеры микрометрические ГМ ГОСТ 7470-92.

3. Нутромеры микрометрические НМ, НМИ ГОСТ 10-88.

У всех микрометрических инструментов измерительным элементом является микрометрический винт, имеющий резьбу с точным шагом (обычно шаг резьбы  $P = 0,5$  мм). Микрометрическая пара конструктивно выполняется в виде резьбовой (микрометрической) гайки и микрометрического винта, соединенного с отсчетным барабаном. Винтовая пара используется для преобразования продольного перемещения винта в окружное движение шкалы барабана. Измеряемый размер определяется по углу поворота барабана. Для отсчета целого числа оборотов микрометрического винта служит продольная (основная) шкала, которая расположена на запрессованной в корпус втулке, называемой стеблем. Стебель является гайкой для микрометрического винта и одновременно

обеспечивает его центрирование и направление по измеряемому размеру. Основная шкала сдвоенная, состоит из двух шкал с интервалом в 1 мм (для облегчения отсчета), сдвинутых одна относительно другой на 0,5 мм и расположенных по обе стороны от продольного штриха на стебле, т. е. длина деления основной шкалы равна шагу микрометрического винта.

Для отсчета долей оборота микрометрического винта, т. е. десятых и сотых долей миллиметра, служит круговая шкала с радиальными штрихами (50 делений), нанесенными на круглой части барабана. Указателем для отсчета по этой шкале является продольный штрих, нанесенный на стебле. Отсчет определяется по порядковому номеру штриха барабана (не считая нулевого), совпадающего с продольным штрихом стебля. Счет всегда ведется в сторону нарастания номеров штрихов.

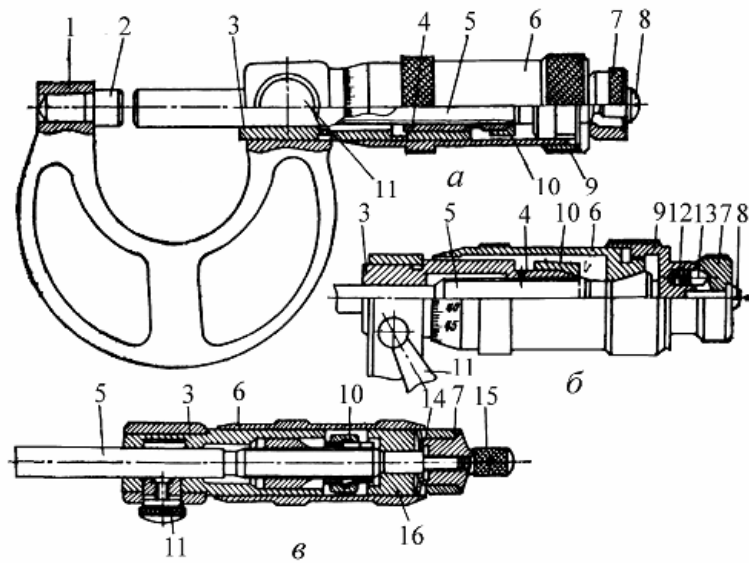


Рисунок 13 – Микрометр гладкий:

1 – подковообразная скоба; 2 – измерительная пятка; 3 – стембель; 4 – микрометрическая гайка; 5 – микрометрический винт; 6 – барабан; 7 – храповик; 8 – крепежный винт; 9 – трещотка; 10 – регулировочная гайка; 11 – стопорное устройство; 12 – тарированная пружина; 13 – штифт со скосом; 14 – пружинное кольцо; 15 – гайка; 16 – цилиндрическая втулка

#### Микрометрический глубиномер

Конструкция инструмента показана на рис. 14. Основным элементом является основание 1, нижняя поверхность которого служит рабочей поверхностью измерений. В верхнюю поверхность основания 1 запрессован стембель 2. Конструкция барабана 4, микрометрического винта 5, корпуса трещотки 6 и трещотки 7 аналогична конструкции соответствующих деталей и сборочных

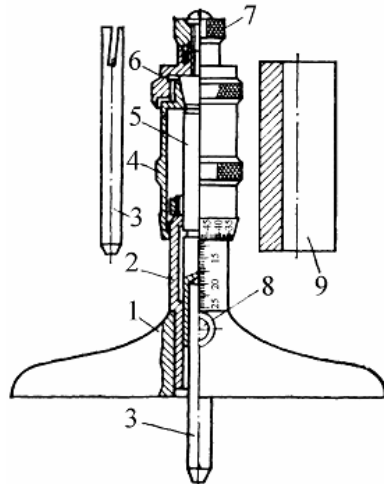


Рисунок 14 – Микрометрический глубиномер:

1 – основание; 2 – стембель; 3 – сменные измерительные стержни; 4 – барабан; 5 – микрометрический винт; 6 – корпус трещотки; 7 – трещотка; 8 – стопор; 9 – установочная мера

единиц гладкого микрометра, за исключением разметки основной шкалы стембля 2. Если на стембле гладкого микрометра отсчет показаний выполняется слева направо, то на стембле микрометрического глубиномера – справа налево. В нижней части микрометрического винта 5 имеется отверстие, в которое устанавливаются сменные измерительные стержни 3 разрезными пружинными концами. Настройка инструмента осуществляется по установочным мерам 9. Ход винта микрометрической головки составляет, как и у микрометров, 25 мм. Сменные измерительные стержни глубиномеров позволяют производить измерения в пределах 0–25, 25–50, 50–75, 75–100, 100–125, 125–150 мм.

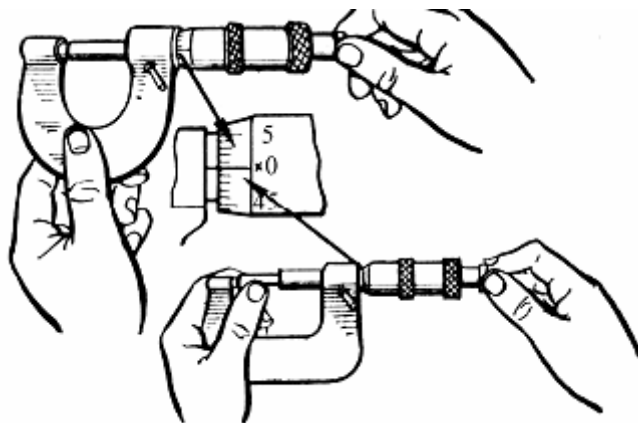
### **Задание на выполнение лабораторной работы включает следующие операции:**

1. Изобразить чертеж детали с указанием всех измеряемых размеров.
2. Измерить линейные размеры микрометрическими инструментами и записать полученные данные в протокол измерений.
3. Определить абсолютную и относительную погрешности измеряемых размеров и занести их в протокол измерений.
4. Занести в протокол измерений основные метрологические характеристики инструментов, используемых при измерениях.
5. Сделать заключение о выполненной работе.
6. Предъявить полностью оформленный протокол измерений преподавателю для проверки и защиты лабораторной работы.

### **Технология работы**

Перед началом лабораторной работы необходимо проверить плавность хода микрометрического винта (перемещение должно быть плавным и без заедания) и правильность нулевого показания инструмента.

Проверка нулевого показания микрометра. Измерительные поверхности микрометрического винта и пятки необходимо соединить усилием трещотки (3–4 щелчка) непосредственно между собой (при пределах измерений 0–25 мм) или при помощи установочной меры (при пределах измерений 50 мм и более); при этом нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, а скос барабана должен открывать первый штрих шкалы стебля (рис. ).



Микрометр с верхним пределом диапазона измерений свыше 300 мм перед проверкой нулевого показания устанавливается в необходимое положение переставной пяткой, причем в случае использования первой и третьей четвертей пределов измерений микрометра, установка на нуль производится по конечному штриху шкалы стебля, а при использовании второй и четвертой – по начальному штриху.

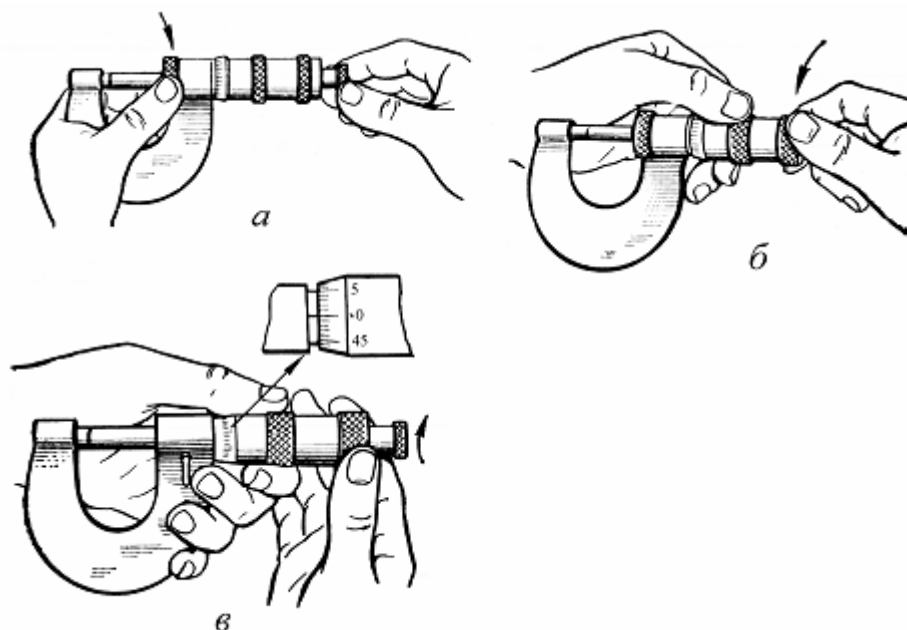
Для установки переставной пятки нулевой штрих барабана микрометра совмещается с соответствующим штрихом шкалы стебля; микрометрический винт закрепляется стопором; установочная мера помещается между измерительными поверхностями микрометрического винта и пяткой.

При проверке нулевого показания необходимо следить за тем, чтобы установочная мера была зажата между измерительными поверхностями без перекоса; торцевые поверхности установочной меры должны быть протерты чистой мягкой салфеткой.

Если при настройке на нуль показания микрометра неправильны (нулевой штрих барабана не совпадает с продольным штрихом стебля), его можно отрегулировать двумя способами в зависимости от конструкции инструмента:

1. Следует закрепить стопором микрометрический винт, приведенный в соприкосновение с установочной мерой под воздействием трещотки (рис., а), придерживая левой рукой барабан, разъединить его с микрометрическим винтом (рис. 18, б) и отвернуть корпус

трещотки на  $\frac{1}{2}$  оборота (не следует отворачивать корпус совсем), а у микрометров с конусной посадочной поверхностью для барабана отжать его по оси микрометрического винта; поворотом барабана нулевой штрих круговой шкалы совместить с продольным штрихом стебля (рис. 18, в), при этом начальный штрих шкалы стебля должен быть виден целиком, но расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края штриха не должно превышать 0,15 мм. После этого барабан закрепляется завинчиванием корпуса трещотки, стопор отжимается и производится проверка нулевого показания. При необходимости регулировка повторяется.



2. Привести в соприкосновение измерительные поверхности пятки и микрометрического винта между собой (при пределах измерений 0–25 мм) или с рабочими поверхностями установочной меры (при пределах измерений 50 мм и более) под воздействием трещотки и закрепить микрометрический винт стопорным винтом. Отвернув отверткой (ключом) регулировочный винт барабана, правой рукой подвести нулевое деление круговой шкалы барабана к нулевому делению продольной шкалы стебля и совместить их. После чего отверткой (ключом) завернуть регулировочный винт барабана до упора. Отвернув стопорный винт микрометрического винта, снять установочную меру и проверить нулевое показание. При необходимости регулировку повторить.

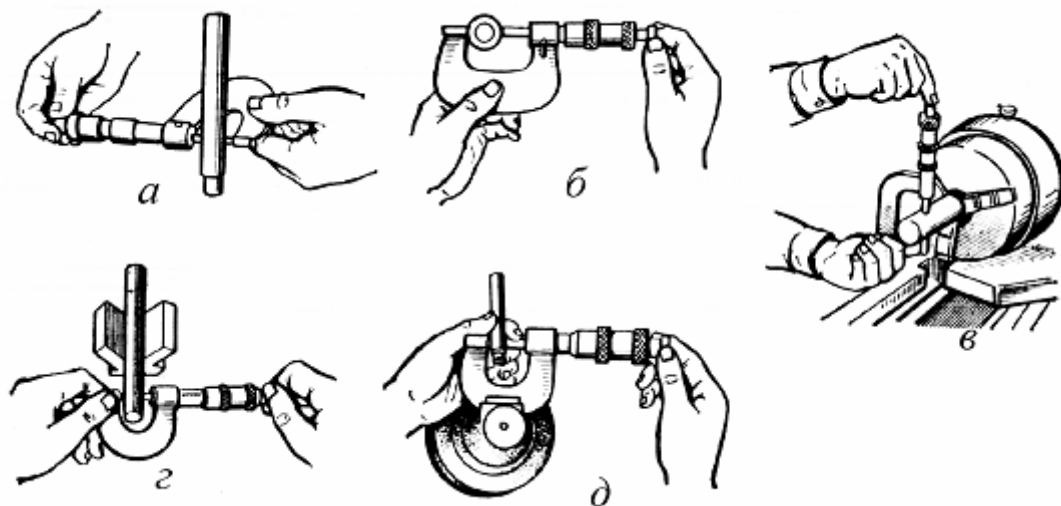
Последовательность действий при измерении. Микрометр следует взять за скобу левой рукой и, вращая правой рукой барабан против часовой стрелки, развести измерительные поверхности пятки и микрометрического винта на размер немного больше, чем размер измеряемой детали. Затем поместить деталь между измерительными поверхностями, слегка прижать пятку к измеряемой поверхности и, плавно вращая трещотку большим и указательным пальцами правой руки по часовой стрелке, довести микрометрический винт до соприкосновения с измеряемой деталью пока послышится характерный звук пощелкивания механизма трещотки (3–4 щелчка). Проверить покачиванием правильное положение измерительных поверхностей инструмента относительно детали (отсутствие перекоса), зафиксировать положение микрометрического винта стопором и прочесть показание микрометра.

Приемы измерений. При измерении микрометром деталей, закрепленных на станке, в приспособлении, в тисках или же установленных в призме, на столе, следует найти наиболее удобное положение для измерения. Важно, чтобы при зажатии измерительными поверхностями инструмента деталь не сдвигалась. Микрометр следует держать свободно, без напряжения в руках и таким образом, чтобы не было перекоса измерительных поверхностей инструмента по отношению к измеряемым поверхностям детали. При этом следует стремиться к тому, чтобы шкала стебля была со стороны измеряющего, т. е. инструмент устанавливать на детали

так, чтобы хорошо была видна шкала и отсчет можно было сделать, не снимая микрометр с детали.

Если при измерении конфигурация детали не позволяет прочесть показания по инструменту, установленному на детали, то необходимо закрепить стопором микрометрический винт в момент начала его контакта с измеряемой деталью, осторожно снять микрометр и затем определить показания. Микрометр при этом следует держать только за скобу.

На рис. показаны правильные приемы измерения микрометром различных деталей. При измерениях деталей, закрепленных в приспособлениях или установленных на призме, при горизонтальном положении оси микрометра (рис. а, б, г) левой рукой поддерживают скобу посередине, слегка прижимая пятку к измеряемой поверхности.



Приемы правильного измерения микрометром деталей

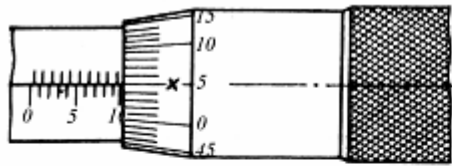
В случае измерения деталей при вертикальном положении оси микрометра (рис., в) левая рука должна поддерживать скобу снизу около пятки, чтобы масса микрометра воспринималась этой рукой, и слегка прижимать пятку к измеряемой поверхности детали.

При измерениях микрометром, закрепленном в стойке (рис. , д), левая рука должна находиться за скобой и захватывать деталь недалеко от микрометрического винта, слегка прижимая деталь к пятке. Такой прием измерения рекомендуется для деталей малых размеров. Скобу микрометра рекомендуется

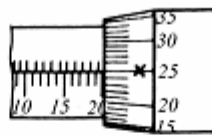
закреплять в стойке под углом  $40 - 45^\circ$ , так как это положение обеспечивает хорошую видимость шкалы стебля и удобство отсчета показаний.

При измерении незакрепленных деталей их лучше всего устанавливать на какое-либо основание. Цилиндрические детали рекомендуется укладывать на призму (рис. г).

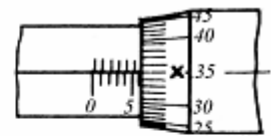
Отсчет показаний. При отсчете показаний микрометр необходимо держать прямо перед глазами, чтобы избежать искажений результатов измерений. Примеры отсчета показаний приведены на рис.



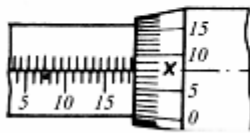
$$\times 10 \text{ mm} + 0,05 \text{ mm} = 10,05 \text{ mm}$$



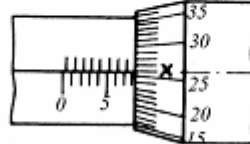
$$\times 20 \text{ mm} + 0,25 \text{ mm} = 20,25 \text{ mm}$$



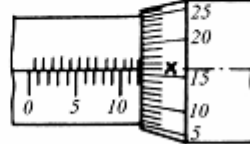
$$\times 6 \text{ mm} + 0,35 \text{ mm} = 6,35 \text{ mm}$$



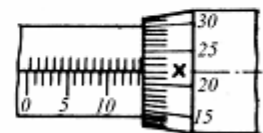
$$\times 18 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + \\ + 0,08 \text{ mm} = 18,58 \text{ mm}$$



$$\times 8 \text{ mm} + 0,26 \text{ mm} = \\ = 8,26 \text{ mm}$$



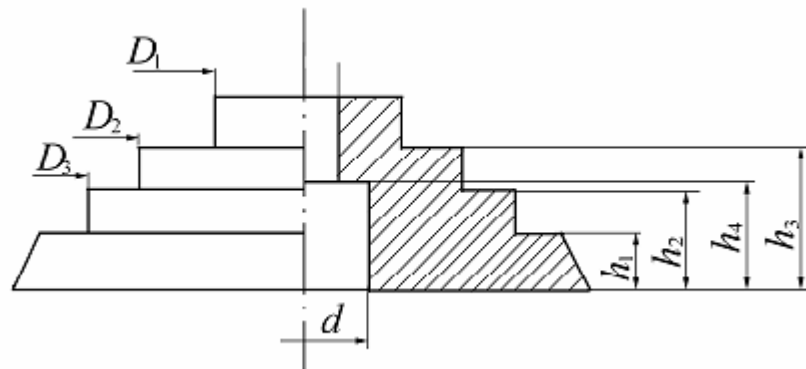
$$\times 12 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + \\ + 0,16 \text{ mm} = 12,66 \text{ mm}$$



$$\times 14 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + \\ + 0,22 \text{ mm} = 14,72 \text{ mm}$$

### Примеры отсчета показаний на микрометре

Результаты выполнения лабораторной работы представить в виде чертежа измеряемой детали, таблицы с результатами измерений, расчетов абсолютной и относительной погрешностей и метрологических характеристик инструментов, используемых в работе, заключения. Пример отчета приведен ниже.



Измеряемая деталь.



## Протокол измерения

№ п/п	Инструмент	Измеряемый размер	Значения размера, мм		Величина абсолютной погрешности, мм	Величина относительной погрешности	Основные метрологические характеристики инструментов
			I–I	II–II			
1.	Микрометр	$D_1$					
		$D_2$					
		$D_3$					
		$h_1$					
		$h_2$					
		$h_3$					
2.	Глубиномер микрометрический	$h_4$					
3.	Нутромер микрометрический	$d$					

При измерениях детали необходимо:

1. Микрометрами гладкими и микрометрическим нутромером выполнять замеры в двух взаимно перпендикулярных плоскостях одного сечения (замеры I–I и II–II).
2. Микрометрическим глубиномером замеры выполнять в одной плоскости сначала одной, а затем другой стороны детали.

После окончания измерений определяют абсолютную и относительную погрешности, заносят в протокол значения основных метрологических характеристик микрометрических инструментов аналогично лабораторной работе № 1.

### Лабораторная работа № 3

*Компетентность, формируемая дисциплиной Метрология и стандартизация и подтверждение соответствия в соответствии с Конвенцией ПДНВ (в соответствии с таблицей А-III/1 Кодекса ПДНВ): «Правильное использование ручных инструментов, станков и измерительных инструментов для изготовления деталей и ремонта на судне»*

**Тема:** Измерение угловых размеров

**Цель занятия:** практически ознакомиться с устройством и приемами измерений угловых размеров

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** знать приемы измерений угломерами, уметь проводить измерения.

**Оборудование:** деталь измеряемая, угломер

**Перечень используемых источников:**

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. —

Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

3. Сиянская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Сиянская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>

4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

Для контроля углов методом непосредственной оценки в машиностроении широко применяют **угломеры с нониусом**. Эти угломеры выпускают двух типов: УН — для измерения наружных и внутренних углов (рис. 1, а) и УМ — для измерения только наружных углов (рис. 1, б).

**Угломер типа УН** состоит из основания 2 с нанесенной по окружности градусной шкалой, которое жестко соединено с линейкой 3. Линейка имеет снаружи доведенную измерительную поверхность. По основанию 2 перемещается сектор 5 с нониусом 1 и стопором 4. К сектору крепят угольник 6 при помощи державки 9. К угольнику 6 крепят съемную линейку 7 при помощи державки 8. Варианты измерений показаны на рис. 2. Угломер позволяет измерять углы в диапазоне от 0 до 50° (рис. 2, а). Для измерения углов в диапазоне от 50 до 140° с угломера снимают угольник, а на его место устанавливают линейки (рис. 2, б). Чтобы измерить наружные углы в диапазоне от 140 до 230°, необходимо снять линейку, измерения в этом случае ведут с использованием угольника. Если с угломера снять угольник, линейку и державки, то с его помощью можно будет контролировать размеры углов в диапазоне от 240 до 320°. Следовательно, общий диапазон измерений угломером УН составляет от 0 до 320° для наружных углов.

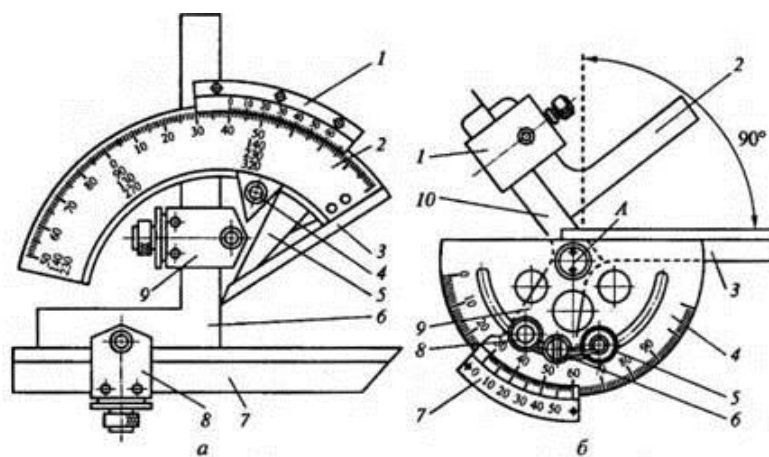


Рис. 1.21. Угломеры:

*а* – для измерения наружных и внутренних углов: 1 – нониус; 2 – основание; 3 – линейка; 4 – стопор; 5 – сектор; 6 – угольник; 7 – съемная линейка; 8 – державка линейки; 9 – державка угольника; *б* – для измерения только наружных углов: 1 – державка угольника; 2 – угольник; 3 – линейка; 4 – основание; 5, 8 – стопорные винты; 6 – винт микрометрической подачи; 7 – нониус; 9 – сектор; 10 – подвижная линейка; *А* – ось

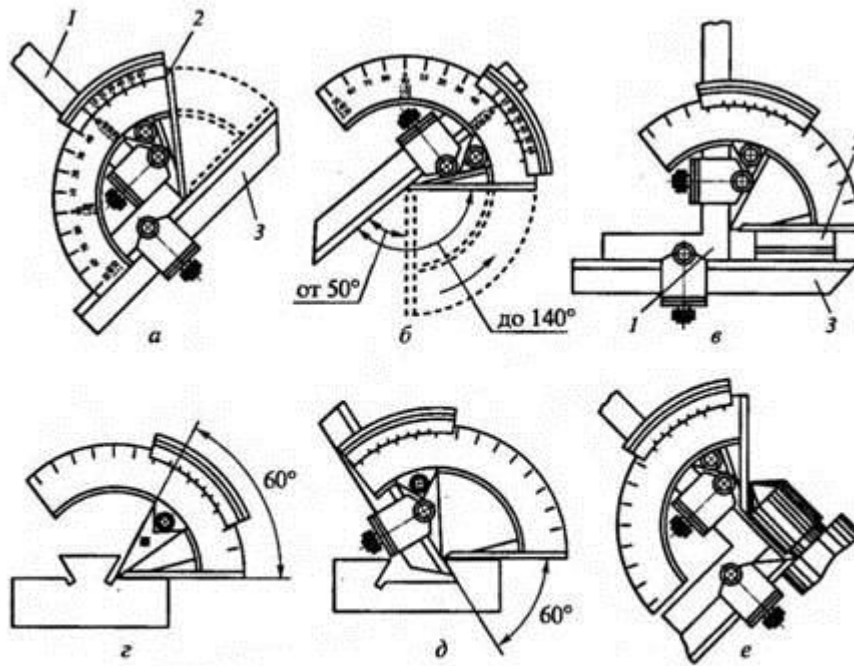


Рис. 1.22. Приемы измерения углов различной величины:  
*a, e* – до  $90^\circ$ ; *1* – угольник; *2* – блок концевых мер длины; *3* – линейка; *б* – до  $140^\circ$ ; *з, д* – до  $60^\circ$ ; *е* – внутренних углов; пунктиром показаны положения подвижной измерительной линейки при измерении минимального размера в заданном диапазоне

При измерении углов деталей сложных контуров необходима установка угломера на заданную величину длины прямолинейного контура. Такая установка осуществляется при помощи блока концевых мер длины 2, который устанавливается на съемную линейку 3, а основание угломера перемещают по угольнику 1 так, чтобы измерительная линейка была установлена на блоке концевых мер. Схема такой установки приведена на рис. 2, в.

Если с угломера снять угольник и линейку, то им можно измерять внутренние углы в диапазоне от  $40$  до  $180^\circ$  (рис. 2, г).

Измерение углов в труднодоступных местах производят по схеме, показанной на рис. 2, д.

**Угломер типа УМ** (см. рис. 1, б) широко применяется при обучении слесарному делу. Он состоит из основания 4 со шкалой, проградуированной в градусах. На основании закреплена линейка 3. Подвижная линейка 10 с сектором 9 и нониусом 7 может поворачиваться на оси А, фиксация линейки в момент измерения осуществляется стопорным винтом 5. Угломер имеет винт 6 для микрометрической подачи измерительной подвижной линейки 10 с сек- , тором 9. На подвижной линейке крепится угольник 2 при помощи державки 1. Угломер обеспечивает измерение углов в диапазоне от 0 до  $180^\circ$ . Для измерения углов свыше  $90^\circ$  угольник 2 необходимо снять, в этом случае для получения значения угла к показаниям по шкалам угломера прибавляют  $90^\circ$ .

При работе с угломером типа УМ необходимо:

- определить способ измерения угла (с использованием угольника или без него);
- убедиться в плавности перемещения сектора угломера;
- убедиться в точности установки угломера на ноль;
- при измерении прочно удерживать угломер за корпус;
- измерительная поверхность должна плотно прилегать к поверхности детали (без просвета и перекоса);
- обратить внимание на достигаемую точность измерений, которая выбита на нониусе.

## Тема 1.5. Нормирование и измерение отклонений формы и расположения поверхностей

### Практическая работа №3

**Тема:** Определение отклонений формы поверхности

**Цель занятия:** ознакомиться с основными видами отклонений формы и взаимного расположения поверхностей и методами их определения.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** знать виды отклонений формы и взаимного расположения поверхностей, уметь использовать методы их определения.

**Оборудование:** индикатор торцевого биения

**Перечень используемых источников:**

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

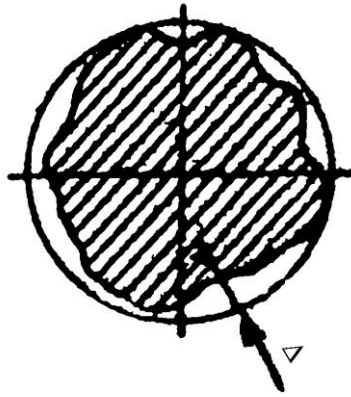
3. Сиявская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Сиявская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>

4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

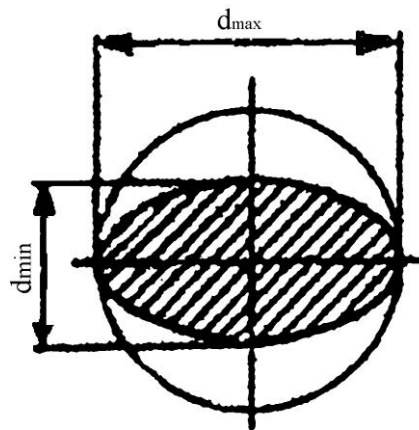
**Задание:** измерить величины радиального и торцевого биения, овальности и огранки деталей.

#### Содержание и порядок выполнения работы.

Радиальным биением, согласно СТ СЭВ 301-76, называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси вращений в сечении, перпендикулярном этой оси. Радиальное биение является результатом смещения центра (эксцентриситета) рассматриваемого сечения относительно оси вращения. Торцевым биением называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной торцевой поверхности, расположенных на окружности заданного диаметра, до плоскости, перпендикулярной базовой оси вращения. Если диаметр не задан, то торцевое биение определяется на наибольшем диаметре торцевой поверхности. Торцевое биение является результатом неперпендикулярности торцевой поверхности базовой оси и отклонений формы торца по линии измерения. Допускаемая величина погрешности взаимного расположения, в том числе и биение, должны задаваться конструктором и контролироваться от баз (база – совокупность поверхностей, линий и точек, по отношению к которым определяется расположение рассматриваемой поверхности). Отклонение формы в общем случае характеризуется наибольшим расстоянием между реальным и прилегающим геометрическими профилями. В поперечном сечении вала обычно рассматривают некруглости или элементарные отклонения овальность и огранку. Некруглостью называется наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 1). Некруглость, которая характеризуется совокупностью всех отклонений формы поперечного сечения, можно определить при помощи специальных приборов – кругломеров. Однако на практике о поперечной погрешности формы можно судить, если определить элементарные погрешности – овальность и огранку.

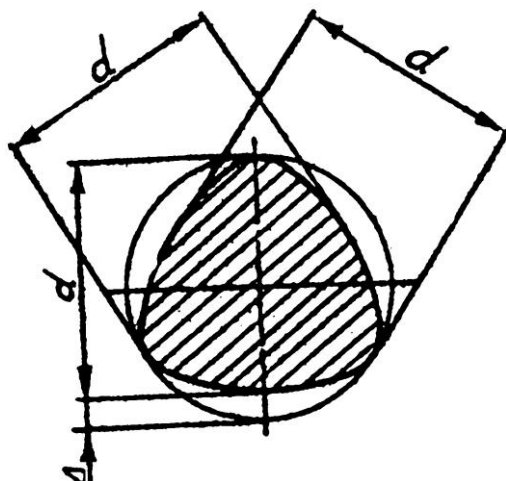


Овальность – отклонение, при котором реальный профиль представляет собой овальную фигуру. За величину овальности принимают полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения (рис. 2).

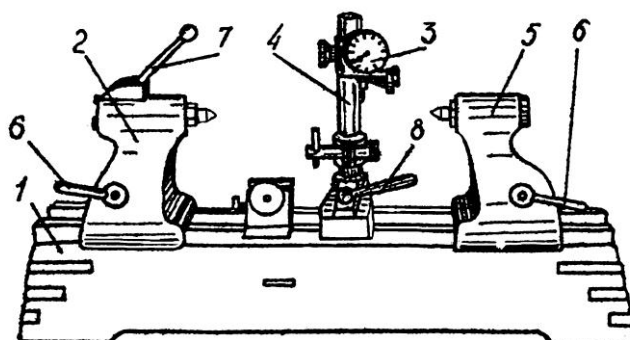


Овальность детали возникает, например, вследствие биения шпинделя токарного или шлифовального станка, дисбаланса детали и других причин. Величину овальности можно определить, если базировать цилиндр на плоскость и при вращении детали найти полуразность наибольшего и наименьшего показаний индикатора, установленного перпендикулярно плоскости.

Огранка – отклонение, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру с нечетным числом граней (рис. 3). Появление огранки объясняется изменением положения мгновенного центра вращения детали, например, при бесцентровом шлифовании. Величину огранки можно определить, если базировать цилиндр на призму (аналог прилегающей поверхности) и при вращении цилиндра определить разность показаний индикатора, установленного по направлению биссектрисы угла призмы. В этом случае показания индикатора будут зависеть не только от величины некруглости, но и от числа граней профиля и угла призмы. Так, при угле призмы  $90^\circ$  показания индикатора будут равны удвоенной, а при угле призмы  $60^\circ$  - утроенной величине погрешности формы трех- и пятигранного профиля. Рис.3.



В данной работе радиальное и торцевое биение деталей определяются на специальном приборе ПБ (рис. 4). На станине 1 установлены две бабки с центрами 2 и 5, которые перемещаются и фиксируются в нужном положении стопорными рукоятками 6. Одна из бабок (позиция 5) имеет неподвижно укрепленный центр, другая (позиция 2) имеет специальный рычаг 7 для быстрого отвода центра, что облегчает установку изделия в центрах. На той же станине укреплена стойка 4 с индикатором 3, при помощи которого производят измерение биения и погрешности формы. Стойка может перемещаться по направляющим станины при отстопоренном винте 8. Кроме центров и стойки, на направляющих станины могут устанавливаться различные призмы. При контроле торцевого биения на стойке индикатора закрепляется регулируемый упор.



## Тема 1.6. Нормирование и измерение различных видов соединений

### Практическая работа №4

**Тема:** Расчет допусков и посадок подшипников качения

**Цель занятия:** ознакомиться с основными методами расчета допусков и посадок подшипников качения.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** знать методы расчета допусков и посадок подшипников качения

**Перечень используемых источников:**

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонасов. — Электрон. текстовые данные. —

Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>

3. Сиянская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Сиянская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>

4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

### Практическое занятие расчет посадок подшипников качения

№	номер подшипника	радиальная нагрузка, R, кН	осевая нагрузка, А кН	перегрузка %	форма вала	доп двал	материал втулки	Материал корпуса	Шпоночное соединение
1	0-205	11,2	1,0	150	сплошной		сталь	сталь	Свободное
2	6-205	11		130	сплошной		сталь	сталь	Нормальное
3	5-205	12	0,5	200	сплошной		сталь	чугун	Плотное
4	4-205	11		280	сплошной		сталь	чугун	Свободное
5	0-305	20	0,6	150	полый	0,3	сталь	чугун	Нормальное
6	6-305	15		250	полый	0,3	сталь	чугун	Плотное
7	5-305	15	1,2	280	сплошной		сталь	чугун	Свободное
8	4-305	3		100	полый	0,2	сталь	сталь	Нормальное
9	0-405	20	1,3	140	сплошной		сталь	чугун	Плотное
10	6-405	6		100	сплошной		сталь	чугун	Свободное
11	5-405	20	0,8	200	полый	0,2	сталь	сталь	Нормальное
12	4-405	8		200	сплошной		сталь	чугун	Плотное
13	0-1205	25	0,5	130	полый	0,5	сталь	чугун	Свободное
14	6-1205	10,5		180	полый	0,5	сталь	чугун	Нормальное
15	5-1205	15	0,9	280	сплошной		сталь	сталь	Плотное
16	4-1205	12		150	сплошной		сталь	чугун	Свободное
17	0-1305	24	0,75	250	сплошной		сталь	чугун	Нормальное
18	6-1305	15	0,8	120	полый	0,5	сталь	сталь	Плотное
19	5-1305	15		150	полый	0,4	сталь	сталь	Свободное
20	4-1305	18	0,9	200	сплошной		сталь	сталь	Нормальное
21	5-2205	5		120	сплошной		сталь	сталь	Плотное
22	4-2205	16	1,0	120	сплошной		сталь	чугун	Свободное
23	0-2205	9		180	сплошной		сталь	чугун	Нормальное
24	6-2205	18	1,35	160	сплошной		сталь	сталь	Плотное
25	6-2505	10		200	сплошной		сталь	чугун	Свободное
26	5-2305	10		120	сплошной		сталь	чугун	Нормальное
27	0-7205	8,5		250	полый	0,6	сталь	чугун	Плотное
28	6-7305	22	0,7	200	сплошной		сталь	сталь	Свободное
29	5-7605	13		200	сплошной		сталь	чугун	Нормальное
30	4-105	1,5		100	полый	0,4	сталь	чугун	Плотное

### Задача № 1.

Рассчитать и выбрать посадки для колец подшипника качения по диаметрам,  $d$  – внутреннего кольца и  $D$  – внешнего кольца подшипника. Построить схемы расположения полей допусков деталей. Выполнить графическое построение полей допусков сопряженных деталей относительно нулевой линии с указанием номинального размера, отклонений, допусков, предельных зазоров (натягов).

При назначении полей допусков на вал и отверстие корпуса под внутреннее и наружное кольца подшипника необходимо учитывать: вращается кольцо вместе с валом или корпусом или неподвижно, величину направления и характер действующих нагрузок, режим работы, тип, размеры и класс точности.

Дано:

0-1000912 – подшипник шариковый радиальный однорядный, сверхлегкая серия, нулевого класса точности;

Радиальная нагрузка  $R=15\text{кН}$ ; Осевая нагрузка  $A=0$ ; Перегрузка 150%;

Вал полый,  $d_{\text{отв}}/d_{\text{вала}}=0,4$ ;

Материал втулки – сталь, материал корпуса – сталь.

Решение:

1. Радиальная нагрузка постоянная по направлению, вращается внутреннее кольцо. Виды нагружения: для внутреннего – циркуляционное, для наружного – местное, (т. 4.88. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

Определяем характеристику подшипника. (Подшипники качения. Справочник-каталог / Под ред. В.Н Нарышкина и Р.В. Коросташевского – М.: Машиностроение, 1984 – 280 с., ил.).

$d=60\text{мм}$ ;  $D=85\text{мм}$ ;  $B=13\text{мм}$ ;  $r=1,5\text{мм}$ ;

2. Определяем интенсивность нагрузки.

(стр. 283. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

$P_R = (R/b) \cdot k_{\Pi} \cdot F \cdot F_A = (15/10 \cdot 10^{-3}) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1500 \text{ кН/м}$ , где

$R$  – радиальная нагрузка на подшипник, кН;

$b = B - 2 \cdot r = 13 - 2 \cdot 1,5 = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$  – рабочая ширина посадочного места, м;

$k_{\Pi} = 1$  – динамический коэффициент посадки, при перегрузке до 150%, умеренных толчках и вибрации, (при перегрузке до 300%, сильных ударах и вибрации  $k_{\Pi} = 1,8$ ).

$F = 1$  – коэффициент учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе,  $d_{\text{отв}}/d_{\text{вала}}=0,4$ . (табл. 4.90. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

$F_A = 1$  – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки. Для всех однорядных подшипников. (табл. 4.91. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

3. Выбираем посадку для циркуляционно-нагруженного внутреннего кольца подшипника с валом, режим работы легкий или нормальный, вращается вал. (табл. 4.94. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

Рекомендуемые поля допусков для установки подшипника на вал  $m6, m5$ . Выбираем  $m6$ .

4. Определяем предельные отклонения посадки на вал, (табл.1.29. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.1 – М.: Машиностроение, 1983).

$\text{Ø}60m6 \begin{pmatrix} +0,030 \\ +0,011 \end{pmatrix}$

Определяем предельные отклонения для внутреннего кольца подшипника, в зависимости от класса точности, номинального и среднего диаметра, (табл.4.82, стр. 273-275. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).



$$\text{Ø}60\text{L}0 \left( \begin{array}{c} \\ -0,015 \end{array} \right)$$

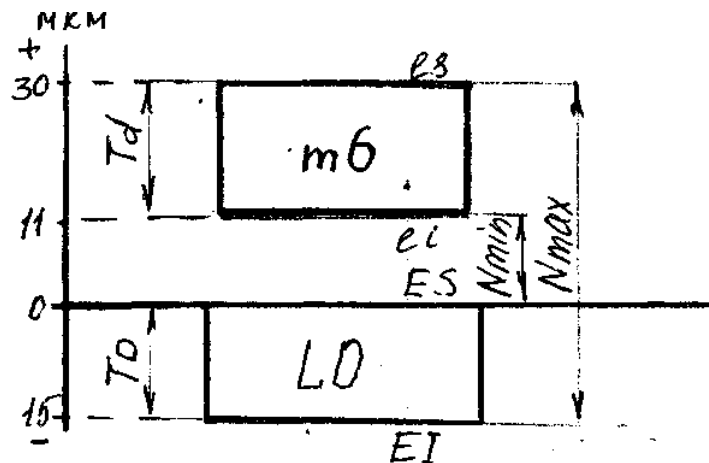
Посадка с натягом, находим максимальный и минимальный натяг:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 60,030 - 59,985 = 0,045 \text{ мм}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 60,011 - 60 = 0,011 \text{ мм}$$

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = 0,045 - 0,011 = 0,034 \text{ мм}$$

5. Строим расположения полей допусков посадки  $\text{Ø}60\text{L}0/\text{m}6$



6. Выбираем посадку для местно-нагруженного наружного кольца подшипника с корпусом, режим работы легкий или нормальный. (табл. 4.93. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

Рекомендуемое поле допуска для установки подшипника в корпус G7.

7. Определяем предельные отклонения посадки в корпус, (табл.1.37. Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.1 – М.: Машиностроение, 1983).

$$\text{Ø}85 \text{G}7 \left( \begin{array}{c} +0,047 \\ +0,012 \end{array} \right)$$

Определяем предельные отклонения для наружного кольца подшипника, в зависимости от класса точности, номинального и среднего диаметра, (табл.4.85, Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983).

$$\text{Ø}85 \ell 0 \left( \begin{array}{c} \\ -0,015 \end{array} \right)$$

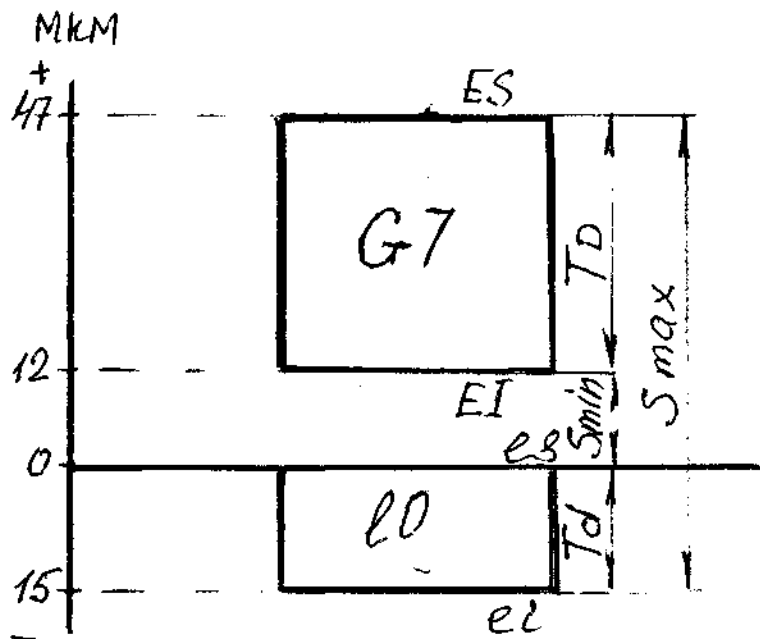
Посадка с зазором, находим максимальный и минимальный зазор:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 85,047 - 84,985 = 0,062 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 85,012 - 85 = 0,012 \text{ мм}$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = 0,062 - 0,012 = 0,05 \text{ мм.}$$

8. Строим расположения полей допусков посадки  $\text{Ø}85 \text{G}7/\ell 0$



### Задача №2.

Для неподвижного разъемного соединения по  $d_3$  (см. вал в аудитории 316) выбрать шпонку (ГОСТ 23360), назначить допуски и выбрать посадки, построить схемы полей допусков по ширине шпонки  $b$ .

Дано:

$d_3 = 60$  мм;

Решение:

Назначим допуски и посадки для шпоночного соединения шестерни с валом.

Выбираем призматическую шпонку исполнения 1:

(см. стр. 235-236, Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983)

$b \times h = 18 \times 11$  мм – ширина и высота;  $\ell = 50$  мм – длина;  $t_1 = 7,0$  мм - глубина паза на валу,  $t_2 = 4,4$  мм - глубина паза во втулке.

Определяем допуски посадочных размеров

Для серийного и массового производства принимаем нормальное соединение

(табл. 4.65., стр. 237, Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983)

-ширина шпонки  $18h9 \left( \begin{smallmatrix} \phantom{0} \\ -0,052 \end{smallmatrix} \right)$  -ширина паза на валу  $18N9 \left( \begin{smallmatrix} \phantom{0} \\ -0,052 \end{smallmatrix} \right)$

-ширина паза во втулке  $18Js9 \left( \pm 0,026 \right)$  -высота шпонки  $11h11 \left( \begin{smallmatrix} \phantom{0} \\ -0,130 \end{smallmatrix} \right)$

-длина шпонки  $50h14 \left( \begin{smallmatrix} \phantom{0} \\ -0,52 \end{smallmatrix} \right)$  -длина паза под шпонку  $50H15 \left( \begin{smallmatrix} +0,84 \\ \phantom{0} \end{smallmatrix} \right)$

-глубина паза вала  $7(+0,2)$

-глубина паза во втулке  $4,4(+0,2)$

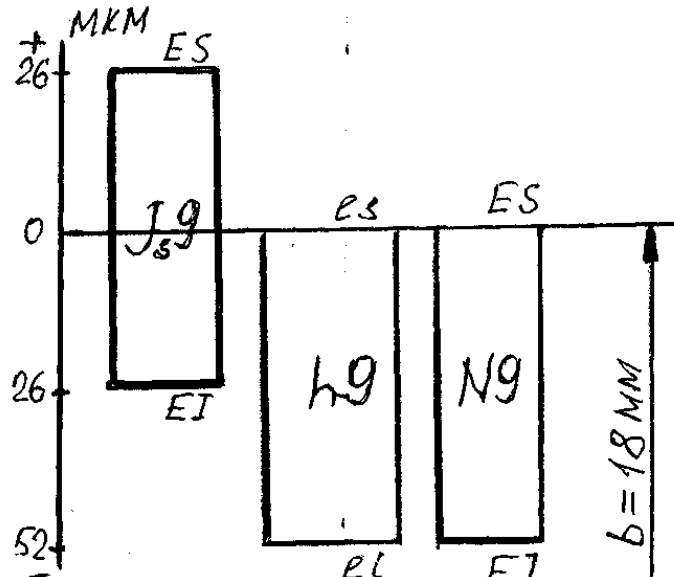
(табл. 4.66., стр. 238, Допуски и посадки. Справочник / В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. т.2 – М.: Машиностроение, 1983)

9. Определяем посадки шпонки

Посадка на вал по ширине  $18 \frac{N9}{h9} \left( \begin{array}{c} -0,052 \\ -0,052 \end{array} \right)$

Посадка во втулку по ширине  $18 \frac{J_s 9}{h9} \left( \begin{array}{c} +0,026 \\ -0,026 \\ -0,052 \end{array} \right)$

10. Строим схему расположения полей допусков.



### Практическая работа №5

**Тема:** Расчет посадки призматической шпонки по ширине и длине

**Цель занятия:** ознакомиться с основными методами расчета допусков и посадок подшипников качения.

**Умения и навыки, которые должны приобрести обучаемые на занятии:** знать методы расчета допусков и посадок подшипников качения

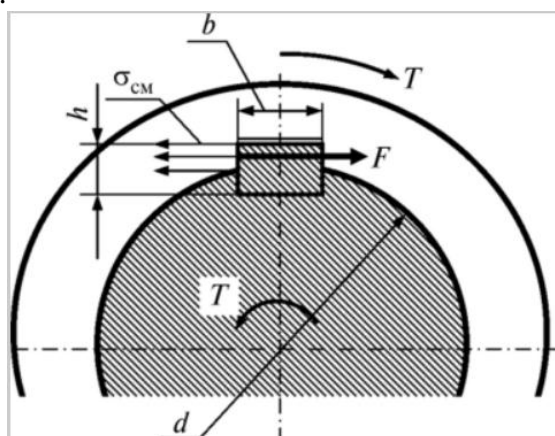
**Перечень используемых источников:**

1. Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. — М. : Издательство Юрайт, 2017.
2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / В.С. Коротков, А.И. Афонсов. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 186 с. — 978-5-4488-0020-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66391.html>
3. Синявская С.В. Стандартизация и сертификация радиоэлектронной и вычислительной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Синявская. — Электрон. текстовые данные. — Минск: РИПО, 2015. — 324 с. — 978-985-503-473-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67741.html>
4. Тарасова, О.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / О.Г. Тарасова, Э.А. Анисимов. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. - 112 с.: табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8158-1709-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459515>

Призматическая шпонка передает момент  $T$  со ступицы на вал (или с вала на ступицу), взаимодействуя боковыми гранями с поверхностями паза на валу и в ступице. Призматическая шпонка устанавливается в паз вала с натягом. При назначении посадки шпонка считается «валом» и изготавливается с полем допуска  $II9$ .

В системе вала гарантированный натяг образуют соединения «вала» с «отверстием», выполненным с полем допуска начиная с  $P$ . Для неподвижных соединений рекомендуется посадка «шпонка — паз вала» с гарантированным натягом  $P9/II9$ . Это позволяет при расчете считать призматическую шпонку и вал единым целым.

Расчетная схема представлена на рис. 11.5. Крутящий момент  $T$ , приложенный к валу, уравновешивается моментом, создаваемым силой  $F$ , действующей со стороны ступицы на шпонку:  $T = Fd/2$   $nF=2T/d$ .



Расчетная схема соединения с призматической шпонкой

При расчетах шпоночного соединения предполагают, что давление от действия силы  $F$  на поверхности контакта распределено равномерно как по высоте, так и по длине шпонки.

Упрощая, обычно считают, что ширина площадок контакта «паз вала — шпонка» и «паз ступицы — шпонка» составляет половину высоты шпонки.

Условие отсутствия смятия материала ступицы записывают в виде

$$\sigma_{см} = F / A_{см} = F / (0,5hl_p) = 4T / (dhl_p) \leq [\sigma_{см}],$$

где  $A_{см}$  — расчетная площадь контакта шпонки с пазом;  $l$  — расчетная длина шпонки;  $h$  — высота шпонки;  $l_p$  — длина шпонки

Значение  $[\sigma_{см}]$  принимается для наименее прочного материала соединения:

- при соединении вала со ступицей без гарантированного натяга значение  $[\sigma_{см}] \sim (0,3...0,4)\sigma_T$  для сталей и  $[\sigma_{см}] \sim (0,3...0,4)\sigma_{пч}$  для серых чугунов;

- при посадках «вал — ступица» с гарантированным натягом  $[\sigma_{см}]$  увеличивают в 1,3...1,5 раза, полагая, что крутящий момент частично передается за счет сил трения между ступицей и валом. Износостойкость подвижных в осевом направлении шпоночных соединений оценивается по критерию при значениях  $[\sigma_{см}] = 20...30$  МПа.

Условие прочности тела шпонки при срезе записывается в виде

$$\tau = F / A_{ср} = F / (bl_p) = 2T / (dbl_p) \leq [\tau],$$

$A_{ср}$  - расчетная площадь среза шпонки.

Значение  $[\tau]$  принимают для соединений вала со ступицей без гарантированного натяга в пределах  $[\tau] = (0,2...0,3)\sigma_T$ , учитывая неравномерность распределения напряжений и циклический характер деформации шпонки, вала и ступицы при работе соединения.

На основе принципа равной надежности можно показать, что отношение  $b / d \ll 1$ , если ступица и шпонка изготовлены из одного и того же материала. Для стандартных шпонок валов диаметром 22 мм и более отношение  $b / d > 1$ , поэтому для них достаточно выполнить проверку только по критерию (11.1).

При проектировании шпоночных соединений не следует использовать шпонки, размеры которых  $b$  и  $H$  отличаются от рекомендуемых стандартом. Необходимо также ограничить расчетную рабочую длину шпонки  $l_p < 1,2d$ .

При реверсивной работе передачи принимается посадка «шпонка — паз ступицы»  $P9/H9$  а при нереверсивной работе с целью упрощения сборки соединения — посадка  $J_s9/h9$ . Поле допуска  $J_s$  симметрично относительно нулевой линии, поэтому посадка  $J_s9/h9$  не обеспечивает гарантированного натяга или зазора.

*Задача*

Определить, обеспечена ли прочность шпоночного соединения вала диаметром  $d = 50$  мм со ступицей зубчатого колеса, передающего момент  $T = 700$  Нм. Шпонка призматическая стандартная, изготовлена из стали 50 ( $\sigma_T = 370$  МПа), длина шпонки  $l = 74$  мм. Вал изготовлен из стали 40 ( $\sigma_T = 330$  МПа), ступица колеса — из чугуна СЧ21. Посадка «вал — колесо» переходная.

*Ответ:* размеры шпонки:  $B = 14$  мм,  $H = 9$  мм,  $l_p = 60$  мм;  $\sigma_{см} = 104$  МПа  $\gg [\sigma_{см}] = (63...84)$  МПа для материала ступицы.