

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

Л.Г.Муханин, Ю.В.Федоров

**«Основы взаимозаменяемости»**

Часть 4

Основы выполнения рабочих чертежей деталей.



Санкт-Петербург  
2011

Муханин Л.Г, Федоров Ю.В. Методическое пособие к выполнению практических работ по дисциплине «Основы взаимозаменяемости» для студентов по направлениям 200100 «Приборостроение», 220401 «Мехатроника». Часть 3 – Основы выполнения рабочих чертежей деталей. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011.33 с.

Разработка содержит методический материал по выполнению комплексных работ по теме «Выполнение рабочих чертежей деталей»; содержит справочный материал по основам выполнения рабочих чертежей деталей.

Ключевые слова: взаимозаменяемость; допуски размеров, предельные отклонения формы и расположения, шероховатость поверхности.

Рекомендовано к печати Учёным Советом факультета ТМиТ, протокол №1 от 18 января 2011 года.



СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007-2008 годы и успешно реализовал инновационную образовательную программу «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий», что позволило выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворять возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях науки. Реализация этой программы создала основу формирования программы дальнейшего развития вуза до 2015 года, включая внедрение современной модели образования.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2011

© Л.Г. Муханин, Ю.В. Федоров 2011

<b>Содержание</b>	<b>Стр.</b>
<b>1. Общие положения</b>	4
Цели и задачи практических работ	4
Требования к уровню подготовки студентов	4
Требования к учебно-методическому обеспечению	4
<b>2. Лабораторный практикум</b>	4
Цель работы	4
Общие положения	5
Порядок работы	5
Отчёт по работе	5
<b>3. Теоретические положения</b>	6
Выполнение рабочих чертежей деталей	6
Способы нанесения размеров	6
Выбор посадок и нанесение предельных отклонений размеров на чертежах	8
Допуски размеров несопрягаемых поверхностей	9
Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками	9
Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей	14
<b>4. Оформление чертежей деталей</b>	17
Оформление чертежей деталей типа тел вращения	17
Оформление чертежей деталей типа корпусных, втулок, крышек, кронштейнов и т. п.	19
Оформление чертежа цилиндрического зубчатого колеса	21
Оформление чертежа оптической детали	21
Конструктивные элементы деталей	23
Технические требования на чертежах	23
Информационное обеспечение	24
<b>Принятые сокращения</b>	29
<b>Литература</b>	30

## **1. Общие положения**

В силу необходимости обновления материала и адаптации учебных программ к европейским стандартам возникла необходимость переработки старых и создания новых учебно-методических материалов.

Данное методическое пособие предназначено для самостоятельной работы студентов, обучающихся по дисциплине «Основы взаимозаменяемости» по направлениям «Приборостроение» и «Мехатроника» бакалаврской подготовки, а также для проведения практических занятий и тестирования в рамках балльно-рейтинговой системы подготовки и оценивания усвоения лекционного материала.

Пособие разработано на основе и в развитие серии методических материалов, разработанных в 1989 – 1990 г.г. совместно Е.А. Соболевым (ЛИТМО) и Л.М. Шляхтером (МТИ).

Учебное пособие содержит теоретические положения, примеры и справочные материалы, адаптированные к европейским стандартам обучения по курсу «Основы взаимозаменяемости», регламентированному модульной балльно-рейтинговой системой и предназначено для выполнения домашних заданий, тестов, курсовых расчетно-графических работ и других видов самостоятельной работы студентов.

### ***Цели и задачи практических работ***

В результате выполнения работ студент должен *знать*:

– основы выполнения рабочих чертежей деталей;

*уметь*:

– выполнять графические изображения деталей с указанием их размеров, допусков и посадок и других технических требований;

– использовать кодификаторы, рубрикаторы, указатели и др. информационные источники, используемые в поисковых системах стандартизации.

### ***Требования к уровню подготовки студентов***

Для успешного выполнения практических работ студентам необходимо *знать*:

– основные правила выполнения рабочих чертежей деталей;

– положения общей технологии в области приборостроения;

– основные производственные и технологические факторы, оказывающие влияние на качество изделий и т. д.

### ***Требования к учебно-методическому обеспечению***

В период подготовки и выполнения практических занятий студенту необходимо иметь:

- соответствующий курс лекций по дисциплине «Основы взаимозаменяемости»;
- настоящие методические указания;
- копии стандартов, содержащие основные термины, определения и другие данные по выбору и обоснованию предельных размеров, предельных отклонений, допусков и посадок гладких соединений.

## 2. Лабораторный практикум

**Тема:** основы выполнения рабочих чертежей деталей

**Цель работы:** изучение правил и требований нормативных документов по оформлению рабочих чертежей деталей в приборостроении

### **Общие положения:**

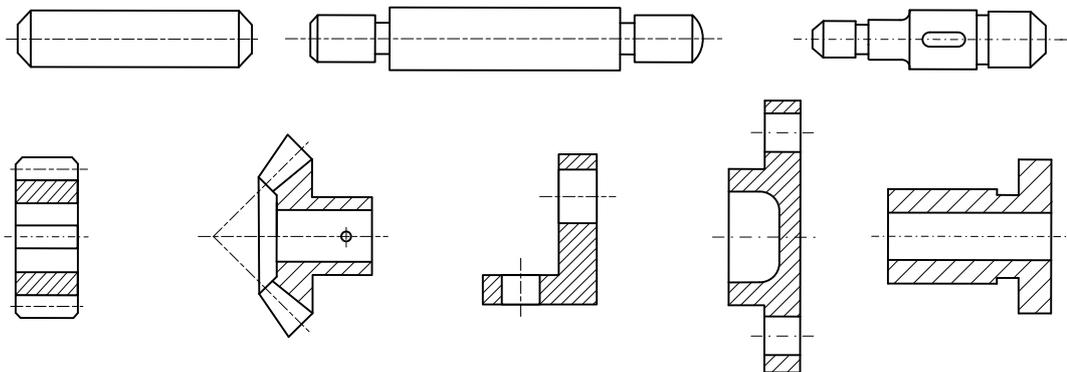
При выполнении рабочих чертежей конструктору необходимо свободно владеть навыками простановки размеров и их предельных отклонений, а также навыками выбора, обоснования и обозначения предельных отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей как оригинальных, так и сопрягаемых с типовыми (стандартизованными) деталями.

### **Порядок работы:**

1. Ознакомиться с общими положениями настоящих методических указаний, содержанием стандартов.

2. По заданным преподавателем конкретным техническим характеристикам произвести эскизную проработку оформления рабочих чертежей следующих типовых деталей:

- вала (рис. 1 а, б, в),
- зубчатого колеса (рис. 1 г, д),
- корпусной детали с крепежными отверстиями, типа кронштейнов, крышек, и т. д. (рис. 1 е, ж),
- втулки (рис. 1 з).



## ***Отчёт по работе***

Отчет по работе должен быть выполнен на листах формата А4 и содержать:

- 1) наименование темы и цель работы
- 2) данные варианта выполнения работы
- 3) эскизную проработку рабочих чертежей от руки или в электронном виде в одном из графических редакторов с последующей распечаткой

## **Теоретические положения**

### ***Выполнение рабочих чертежей деталей***

Разработку рабочих чертежей деталей производят на основании общих видов технического проекта и чертежей крупных сборочных единиц. При выполнении рабочих чертежей деталей в зависимости от их конфигурации и сложности выбирают масштаб с таким расчётом, чтобы все размеры хорошо разместились и легко читались.

Рабочий чертеж, кроме графического изображения детали, выполненного в виде минимально достаточного количества проекций, должен содержать все необходимые для ее изготовления размеры с предельными отклонениями, обозначения шероховатости, допустимые отклонения формы и расположения поверхностей, сведения о материале, термообработке, покрытиях и другие технические требования к готовой детали.

Согласно ЕСКД (ГОСТ 2.307-68), предельные отклонения указывают для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах, кроме стандартизованных элементов ( типовые элементы и детали: шарикоподшипники качения, штифты, шпонки, резьбовые элементы и др.), и для размеров, заключенных в прямоугольные рамки, применяемых для указания позиционных допусков.

При нанесении размеров на чертеж деталь должна рассматриваться не изолированно, а во взаимодействии с другими деталями сборочной единицы, т.е. *размеры, следует наносить от конструкторских баз.*

**Базой** называется поверхность или ось, относительно которой определяется положение других поверхностей или осей.

По назначению базы подразделяют: на конструкторские, технологические и измерительные (ГОСТ 21496-76).

**Конструкторской** базой называют *поверхность* или сочетание поверхностей, ось, точку, принадлежащие детали или сборочной единице, и используемые для *определения их положения в изделии.*

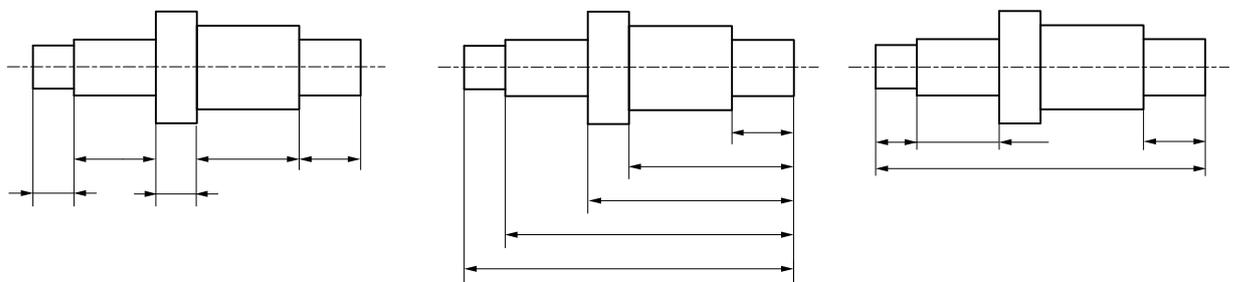
Если конструкторская база определяет собственное положение детали или сборочной единицы, к которым она принадлежит, она называется **основной**. Если же база определяет положение в изделии присоединяемых других деталей или сборочных единиц, она называется **вспомогательной**.

### Способы нанесения размеров

На чертежах используют 3 основных способа нанесения размеров, приведённых на рис. 2.

1. *Цепной способ*. Размеры проставляются последовательно, как звенья одной цепи. При этом обеспечивается точность расположения каждого последующего звена относительно предыдущего. Существенным недостатком такого способа является суммирование погрешностей и последовательное уменьшение точности расположения элементов относительно некоторой общей базы.

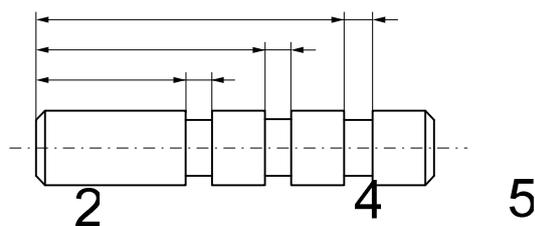
2. *Координатный способ*. Размеры устанавливаются как координаты относительно общей базы для всех размеров. При этом обеспечивается точность расположения всех элементов относительно общей базы. Однако



это нельзя считать общим правилом, так как заданием всех линейных размеров детали от одной базовой поверхности не всегда можно удовлетворить все конструктивно-сборочные требования.

3. *Комбинированный способ*. Наиболее распространённый на практике, представляющий из себя сочетание предыдущих. Он обеспечивает увеличение точности исполнения наиболее ответственных размеров. При этом для элементов, требующих точного расположения относительно друг друга, размеры проставляются **цепным** способом, а для элементов, требующих точного расположения относительно базы – координатным способом.

Например, деталь, изображённая на рис. 3, имеет ряд кольцевых



**Рис. 3.** Вариант комбинированного способа простановки размеров

проточек. При простановке размеров «цепочкой» ширина каждой цепочки выполняется точнее, так как задана непосредственно прямым размером, однако точность расположения проточек последовательно уменьшается. При простановке размеров согласно координатному способу обеспечивается наибольшая точность расположения проточек, однако ширина каждой проточки определяется как разность двух размеров и может колебаться в пределах суммы допусков на эти размеры. При варианте простановки размеров, изображённом на рис. 3, выдерживаются точно как ширина, так и расположение проточек.

### ***Выбор посадок и нанесение предельных отклонений размеров на чертежах***

В приборостроении 5-й квалитет точности для вала и 6-й квалитет для отверстия следует назначать в исключительных случаях для особо ответственных точных соединений. 7-й (валы) и 8-й (отверстия) квалитеты назначают для точных соединений; 9-й и 10-й квалитеты – для средней точности, а 11-й, 12-й и 13-й – для малоточных и грубых соединений.

В качестве общих рекомендаций по заданию характера сопряжения можно руководствоваться ГОСТ 25347-82. Рекомендации по выбору полей допусков для конкретных видов соединений деталей приведены в справочной литературе.

В частности:

- посадка H7/n7 применяется в случае недопустимости деформации деталей при запрессовке; при посадке зубчатых колёс на валы с дополнительным креплением;

- посадка H7/k6 часто применяется для плотных соединений. Сборка и разборка таких соединений осуществляется без значительных усилий с помощью ручного молотка (посадка зубчатых колёс, муфт и т. д.);

- посадка H7/h6 применяется для соединений, требующих лёгкой сборки, некоторой подвижности при минимальных зазорах;

- посадка H7/g6, H6/g6 применяется для медленного движения деталей с точным направлением;

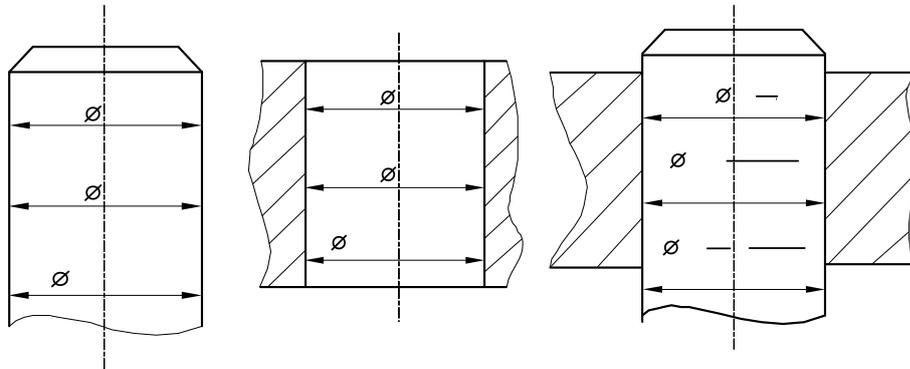
- посадка H7/f7 применяется для деталей, вращающихся с умеренной скоростью.

На размеры гладких элементов деталей, образующих соединения в соответствии с выбранными посадками, предельные отклонения указывают либо условным обеспечением полей допусков, либо числовыми значениями предельных отклонений, либо смешанным способом, когда после условного обозначения полей допусков в скобках указывается численное значение соответствующих предельных отклонений.

По ГОСТ 2.307-68 предельные отклонения и посадки указывают на чертежах непосредственно после номинальных размеров ***одним из трех способов***, показанных на рис. 4:

1. условным обозначением полей допусков  $40 \frac{H7}{js6}$ ;

2. числовыми значениями предельных отклонений  $40 \frac{+0,025}{\pm 0,008}$  ;
3. условными обозначениями полей допусков с указанием в скобках их числовых значений  $40 \frac{H7}{js6} (\frac{+0,025}{\pm 0,008})$ .



**Обязательно** необходимо проставлять предельные отклонения:

- а) для размеров, не входящих в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69;
- б) при назначении предельных отклонений ступенчатых размеров с несимметричным расположением допуска;
- в) при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не представлены в ГОСТ 25347-82, а устанавливаются в других стандартах (детали из пластмасс, шпоночные соединения, посадки шарикоподшипников и т. д.)

Предельные отклонения *должны назначаться* на все, указанные на чертеже размеры, включая и размеры несопрягаемых поверхностей.

*Допускается* не указывать предельные отклонения, определяющие зоны разной шероховатости, зоны разной термообработки, границы накатки и т. д.

#### **Допуски размеров несопрягаемых поверхностей**

Размеры несопрягаемых поверхностей, или свободные размеры, не входят в состав размерных цепей, не влияют на характер сопряжений, не влияют на эксплуатационные показатели для или механизма.

На свободные размеры до 1 мм назначают допуски по IT – 13 квалитетам; свыше 10000 мм – по 12 – 18 квалитетам.

Для свободных размеров установлены самые простые расположения полей допусков: H, h, js.

#### **Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками**

На чертежах деталей с многочисленными несопрягаемыми линейными и угловыми размерами допускается не указывать предельные отклонения

непосредственно после каждого номинального размера, а давать их общей записью в технических требованиях согласно ГОСТ 23670-83.

Стандарт распространяется на все размеры гладких элементов, получаемых разными способами обработки и формообразования и из любых материалов.

Неуказанные предельные отклонения линейных размеров, кроме размеров закруглений и фасок, назначают как по квалитетам, так и по специальным классам точности для укрупненных интервалов линейных размеров (таблица 1).

Назначение допусков на неуказанные предельные отклонения размеров

**Таблица 1**

Класс точности	Обознач.	Значения допуска, мм для интервалов размеров, мм					
		0.5–3	3 – 6	6 – 30	30 – 120	120–315	Св. 315
Точный	$t_1$	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6
Средний	$t_2$	0.2	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6
Грубый	$t_3$	0.3	0.4	1.0	1.6	2.4	4.0
Очень грубый	$t_4$	0.3	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0

На размеры несопрягаемых поверхностей предельные отклонения назначают по квалитетам, обеспечивающим необходимый уровень точности, и указывают условными обозначениями полей допусков с односторонним расположением поля (в «тело») относительно номинального размера, (обозначаемые буквой  $h$  для валов и  $H$  для отверстий) и числовыми значениями симметричных предельных отклонений как  $\pm IT/2$ , для остальных линейных размеров.

На чертежах деталей с многочисленными свободными размерами одного уровня точности (квалитета) допускается не указывать предельные отклонения после каждого номинального размера, а оговаривать их общей записью в технических требованиях. Например, «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий по  $H14$ , валов по  $h14$ , остальных, по  $\pm IT14/2$ .

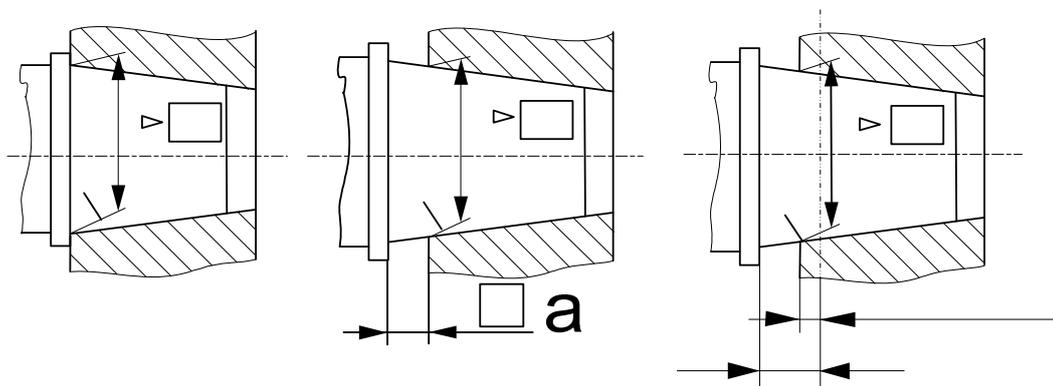
Допуски **угловых размеров** назначают по ГОСТ 8908-81.

На чертежах обозначения гладких конических соединений производят в соответствии с ЕСКД по ГОСТ 2.320-82.

1. При посадке с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов размеры, определяющие характер соединения (рис. 5, а), на сборочном чертеже могут быть указаны только как справочные и отмечены звёздочкой.

2. При посадке с фиксацией по заданному осевому расстоянию  $Z_{pf}$  между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов в их конечном положении на сборочном чертеже должен быть нанесён размер, определяющий расстояние между базовыми плоскостями, заключённый в прямоугольную рамку (рис.5, б).

3. При посадке с фиксацией по заданному взаимному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения на сборочном



чертеже должен быть указан размер этого осевого смещения, а начальное положение конусов следует отмечать штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками между штрихами (рис. 5, в),

4. При посадке с фиксацией по заданному усилию запрессовки, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов, заданное усилие запрессовки следует указывать в технических требованиях на чертеже, например, «Усилие запрессовки  $F_s = 100 \text{ Н}$ ».

Значения основных параметров **метрических резьб** регламентируются ГОСТ 9150-2002 и ГОСТ 8724-2002.

Примеры обозначения посадок метрических резьб приведены на рис. 6, а, б.

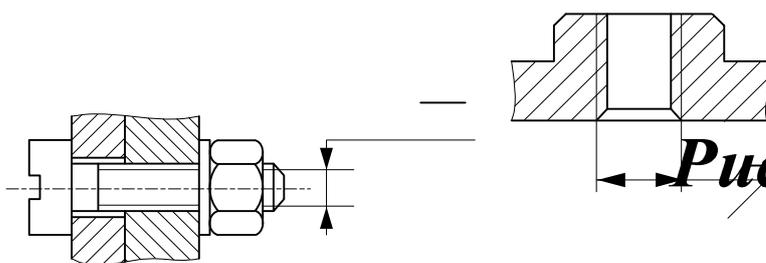


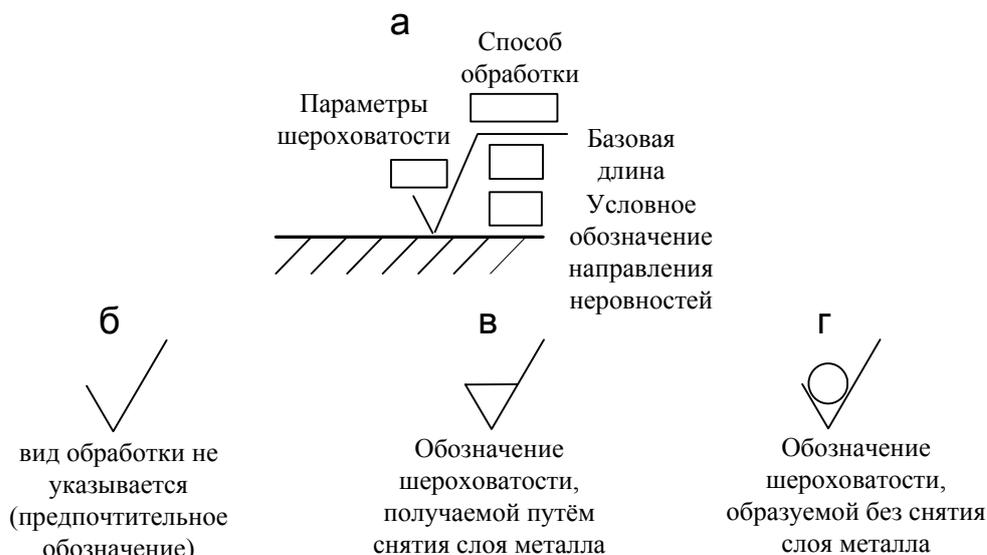
Рис. 5. Обозначение по

Допуски метрических резьб установлены ГОСТ 16093-81

Размеры проточек для наружной и внутренней метрической резьбы регламентированы ГОСТ 10540-80 (см. Информационное обеспечение).

Обозначение параметров **шероховатости** выполняется в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.309-73). Структура обозначения шероховатости на чертеже показана на рис. 7.

Числовые значения параметров шероховатости установлены ГОСТ



**Рис. 7.** Структура обозначения шероховатости на чертеже

2789-81. При выборе числовых значений параметров шероховатости необходимо учитывать функциональное назначение поверхностей. Проставляемые на чертежах численные значения высотных параметров шероховатости:  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение высоты профиля и  $R_z$  – отклонение высоты поверхности по десяти точкам в пределах базовой длины, выбираются из ряда, рекомендованного ГОСТ 2789-81. При выборе параметров  $R_a$  и  $R_z$  предпочтение следует отдавать первому, так как он даёт более полную оценку шероховатости. Не следует забывать, что завышение требований к шероховатости приводит к необоснованному удорожанию технологического процесса, а, следовательно, и удорожанию стоимости детали, конструкции, прибора и т. д.

В таблице 2 приведены предпочтительные значения  $R_a$ .

Ряд численных значений высотных параметров шероховатости  $R_a$ .

**Таблица 2**

Числовые значения $R_a$	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
Класс шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Допуски **формы и расположения** поверхностей указывают на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.308-73.

## Условные обозначения допусков формы

№ п/п	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Изображение на чертеже
1.	Допуск цилиндричности <i>TFZ</i>	
2.	Допуск круглости <i>TFK</i>	
3.	Допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности <i>TFP</i>	
4.	Допуск плоскостности <i>TFE</i>	
5.	Допуск прямолинейности <i>TFL</i>	

## Условное обозначение допусков расположения

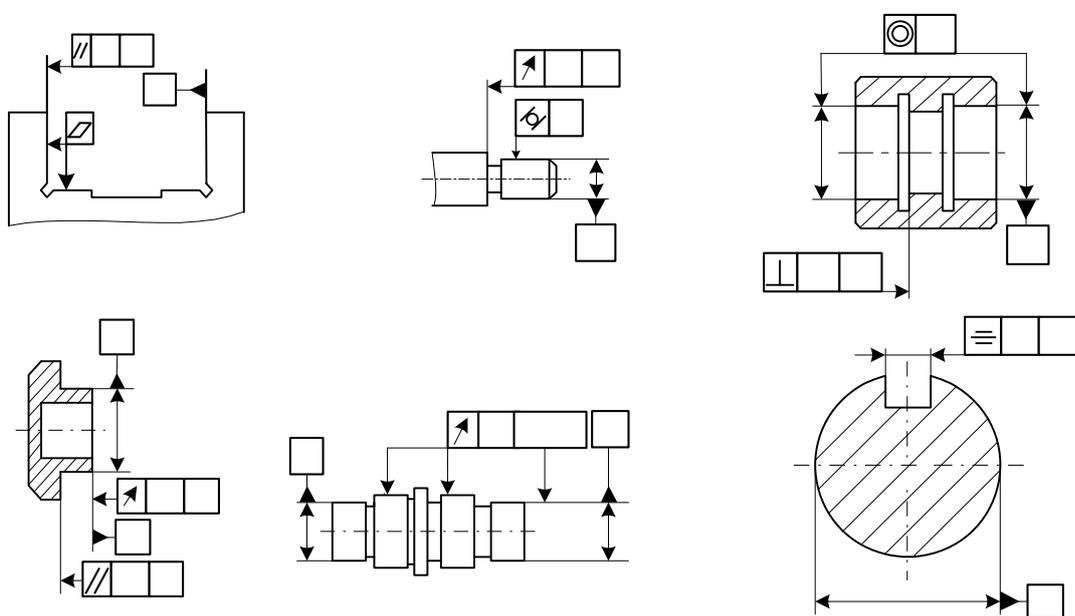
	плоскость			цилиндр		
	Вид допуска расположения, ГОСТ 24642-81	Изображение	Примечание	Вид допуска расположения, ГОСТ 24642-81	Изображение	Примечание
<b>плоскость</b>	Допуск параллельности TPA					
	Допуск перпендикулярности TPR					
	Допуск наклона TPN					
	Допуск симметричности TPR					
<b>цилиндр</b>	Допуск параллельности TPA			Допуск параллельности осей TPA		
	Допуск перпендикулярности TPR					
	Допуск наклона TPN			Допуск перпендикулярности TPR		
	Допуск симметричности TPS			Допуск наклона TPN		
	Позиционный допуск TRP			Допуск соосности TRC		
				Позиционный допуск TRP		
			Допуск пересечения TRX			

Допуски назначают исходя из требований эксплуатации, изготовления, или измерения детали и лишь тогда, когда это действительно необходимо, например:

– для направляющих, установочных, измерительных и базовых плоскостей приборов и приспособлений указывают допуски плоскостности или прямолинейности (рис. 8, а);

– на посадочные поверхности вала и отверстия корпуса под подшипники качения или другие ответственные детали указывают допуск цилиндричности или их овальность и конусообразность, а на торцевые поверхности заплечиков под подшипники качения – допуск перпендикулярности или торцевое биение относительно оси посадочной поверхности (рис. 8, б, в);

- на опорные торцы фланцев или распорных колец под подшипники качения указывают допуск параллельности и торцевого биения (рис. 8, г);
- для нескольких посадочных мест вала или отверстий под подшипники в корпусе указывают допуск соосности (рис. 8, в);
- для ряда точных посадочных мест вала под установку зубчатых колёс, подшипников, втулок и т. п. указывают радиальное биение (цилиндрических) поверхностей относительно оси выбранной базовой поверхности (рис. 8, д);
- на расположение симметричных элементов, например, паза под шпонку устанавливают и указывают допуск симметричности относительно посадочной поверхности (рис. 8, е);
- на чертеже цилиндрического зубчатого колеса указывают допуски радиального биения наружного цилиндра и торцевое биение.



Зависимые допуски расположения и формы обозначают знаком *M*, который помещают в рамке вместе с допуском.

Если в чертеже отклонения формы поверхностей не ограничиваются и не оговариваются, то по своим величинам эти отклонения должны находиться в пределах допуска на размер.

Если требования к отклонению формы и расположения поверхностей превышают требования к отклонению размера, то они обозначаются условными знаками или текстовой записью.

### *Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей*

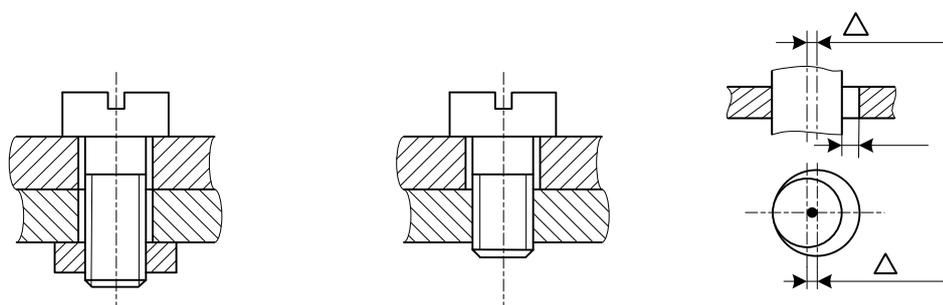
**Крепежными** называют детали, соединяющие и закрепляющие в машине, приборе или изделии положение составляющих деталей.

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей установлены ГОСТ 14140-81. Стандарт распространяется на детали,

соединяемые болтами, винтами, шпильками и другими крепежными деталями с параллельным расположением осей отверстий.

Согласно ГОСТ14140-81, допуски расположения осей гладких и резьбовых отверстий под крепежные детали определяются либо заданием позиционных допусков расположения осей отверстий, либо предельными отклонениями размеров, координирующих расположение отверстий.

Наличие зазора между отверстием и крепежной деталью может вызвать отклонение от их соосности. Наибольшее возможное отклонение от соосности  $\Delta$  (рис. 9) представляет собой *позиционное отклонение*. Черный кружок на рисунке – это геометрическое место возможных положений оси отверстия относительно номинального расположения. Для обеспечения полной взаимозаменяемости при определении значения позиционного отклонения в расчет принимается наименьший зазор, т.е.  $\Delta = 0.5 S_{\min}$ .



Соединения крепежными деталями делятся на два типа. В соединении по типу **A** (рис. 9, а) зазоры для прохода крепежных деталей предусматриваются в обеих соединяемых деталях. В соединении типа **B** (рис. 9, б) зазор предусмотрен лишь в одной из соединяемых деталей. Независимо от характеристики расположения отверстий позиционные допуски  $T$  в диаметральной выражении устанавливаются одинаковыми для обеих сопрягаемых деталей и определяются по формулам:

$$T = K S_{\min} \text{ для соединений типа } A, \quad \text{Тип A}$$

$$T = 0,5 K S_{\min} \text{ для соединений типа } B,$$

где  $S_{\min}$  наименьший зазор между сквозным гладким отверстием по ГОСТ 11284-75 и крепежной деталью,

$K$  – коэффициент использования зазора, зависящий от условий сборки.

Величина зазора между отверстием и крепежной деталью зависит от диаметра гладкого сквозного отверстия, который выбирается по ГОСТ 11284-75 в зависимости от диаметра стержня крепежной детали, вида расположения отверстий, способа их получения и типа соединения.

С увеличением диаметра отверстия в пределах допуска  $T_D$  на такую же величину увеличивается и зазор между отверстием и крепежной деталью, а, следовательно, может увеличиваться и позиционное отклонение вплоть до значения:  $\Delta'' = 0,5(S_{\min} + T_D)$ , из чего следует, что допуски расположения осей

отверстий для крепежных деталей относятся к **зависимым допускам** (зависят от действительного диаметра отверстия).

Рассчитанное значение  $T$  (или  $T/2$ ) округляется до ближайшего рекомендованного значения (таблица 3) и в таком виде, как зависимый допуск, указывается на чертеже. При этом размеры, координирующие положение осей крепежных отверстий, наносятся без предельных отклонений и заключаются в рамку (рис.10).

Числовые значения позиционных допусков, мм

Таблица 3

0.01	0.012	0.016	0.02	0.025	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08
0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8
10	12	16	-	-	-	-	-	-	-

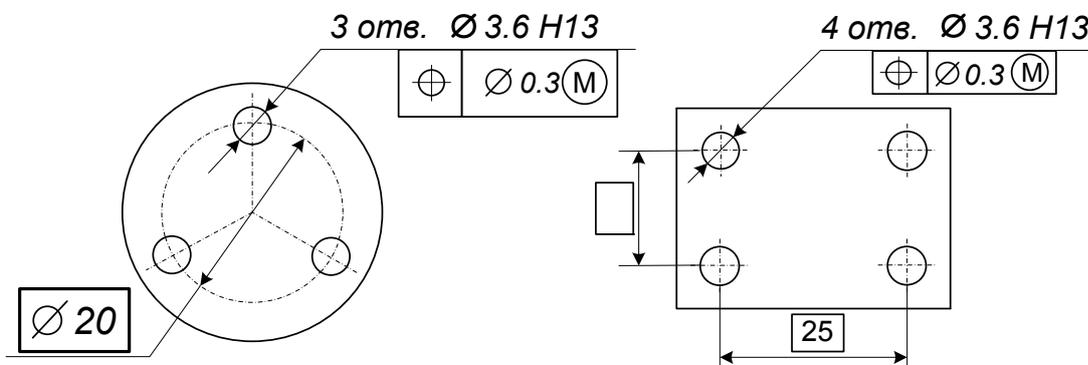
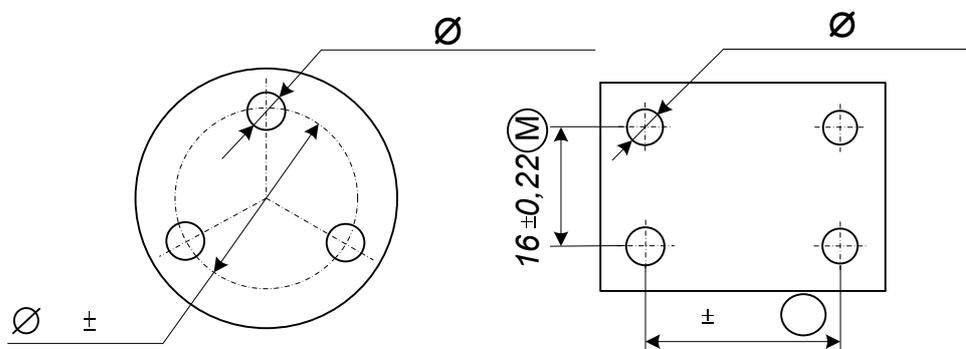


Рис. 10. Обозначение позиционных допусков на чертежах

Позиционные допуски не рекомендуется назначать при следующих характеристиках расположения отверстий:

- одно отверстие координировано относительно плоскости,
- два отверстия координированы друг относительно друга.

Предельные отклонения размеров, координирующих оси крепежных отверстий определяются путем пересчета позиционных допусков в зависимости от вида расположения отверстий (рис.11).



Ниже представлены образцы оформления чертежей деталей некоторых распространенных в приборостроении типов: типа тел вращения (валики), корпусные детали (оправа, крышка), оптическая деталь (линза), цилиндрическое зубчатое колесо.

#### 4. Оформление чертежей деталей

##### *Оформление чертежей деталей типа тел вращения*

На чертежах валов, валов-шестерён, червяков и т. д. следует располагать:

- 1) осевые размеры – под изображением детали;
- 2) условные обозначения базовых осей – под изображением детали;
- 3) условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей – над изображением детали;
- 4) условные обозначения шероховатости поверхности – на верхних частях поверхностей детали;
- 5) линии-выноски с обозначением элементов – над изображением детали.

На чертеже вала обязательно должны быть указаны габаритные размеры, необходимые для заготовительной операции.

Общие требования при назначении допусков формы, расположения и шероховатости поверхностей изложены выше. При выборе допусков формы и расположения на детали типа валов требования можно разделить на три группы:

- 1) группа, связанная с установкой подшипников качения, либо с созданием условий для работы подшипников скольжения;
- 2) группа требований, связанных с обеспечением точности зацепления в зубчатых передачах;
- 3) группа требований, обеспечивающих балансировку детали.

*Балансировка – это технологическая операция, обеспечивающая приведение центра тяжести детали к оси вращения. Это предотвращает радиальные вибрации детали при вращательном движении. Балансировка производится, как правило, путём съёма части материала детали в определённых местах, обозначаемых как балансировочные канавки (поверхности). Дисбаланс возникает вследствие эксцентриситета поверхностей, который в свою очередь является следствием, как правило, смены баз. Поэтому с целью уменьшения дисбаланса детали необходимы как правильный выбор баз, так и ужесточение допусков на отдельные размеры.*

*На рабочих чертежах деталей необходимо также указывать требования к обеспечению твёрдости материала или отдельных поверхностей, например, «270 . . . 290 НВ». Оговариваются также особенности технологического процесса, например, «Термовыжжка при T=250°C в течение 48 часов».*

*Если необходимо обеспечить защитное или декоративное покрытие, то указывается вид покрытия и поверхности, которые не подлежат покрытию, например, «Покрытие: хим. окс. чёрный, кроме поверхности А».*

Пример оформления основной надписи (штампика) приведён на чертеже рис. 12. На остальных чертежах надписи опущены.

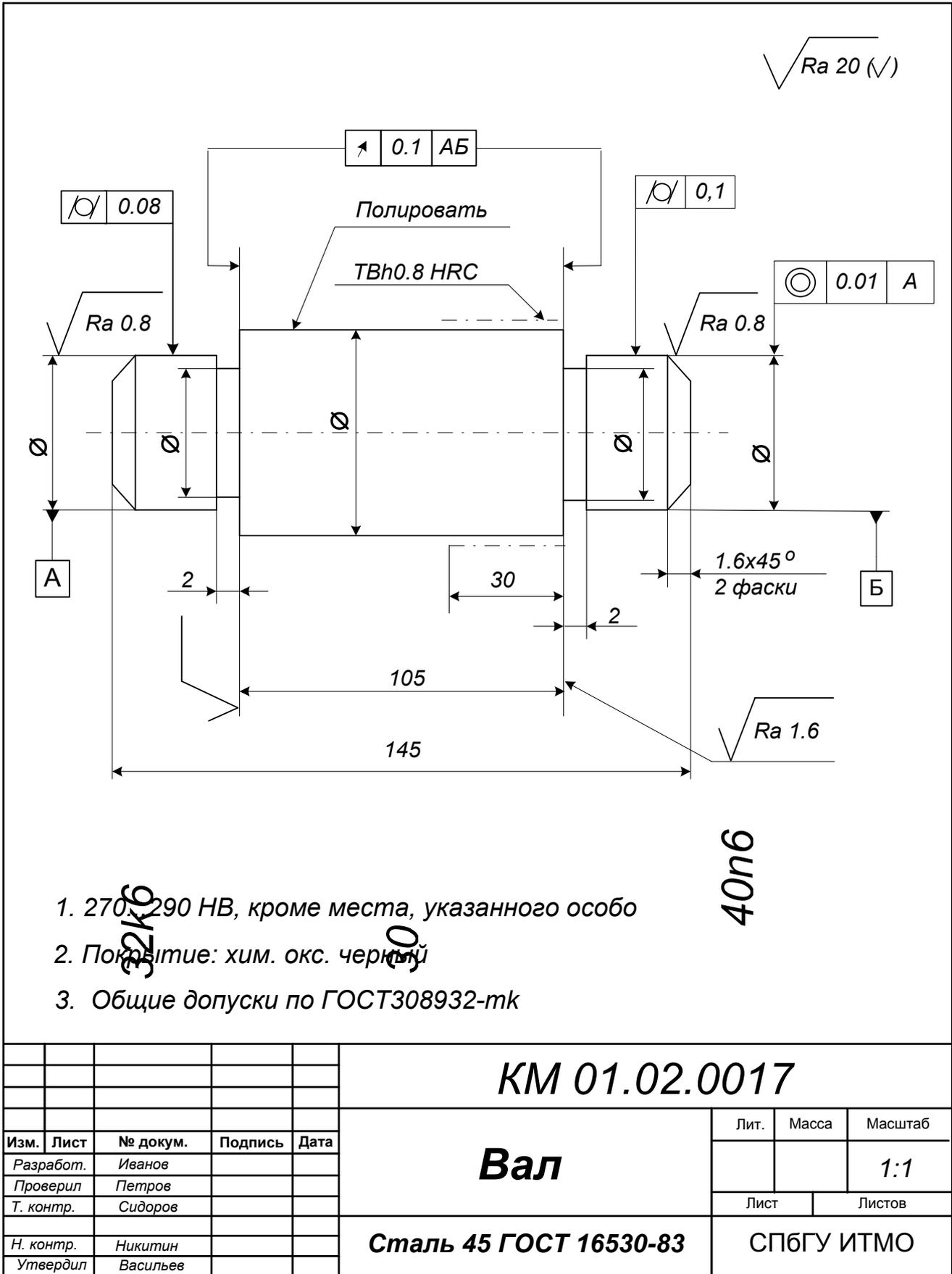
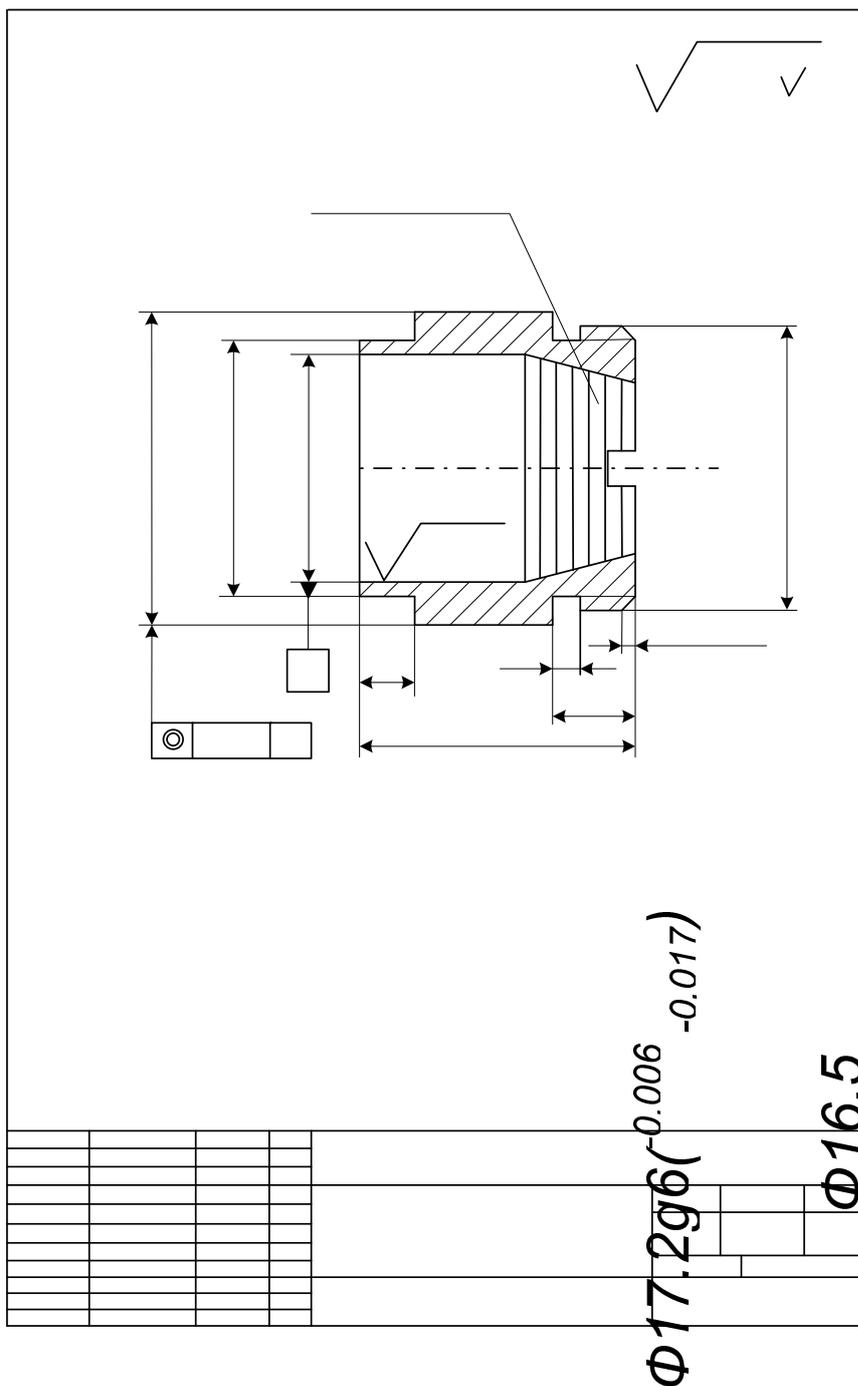


Рис. 12. Чертёж вала

Ra 1.6



Ру  
пове

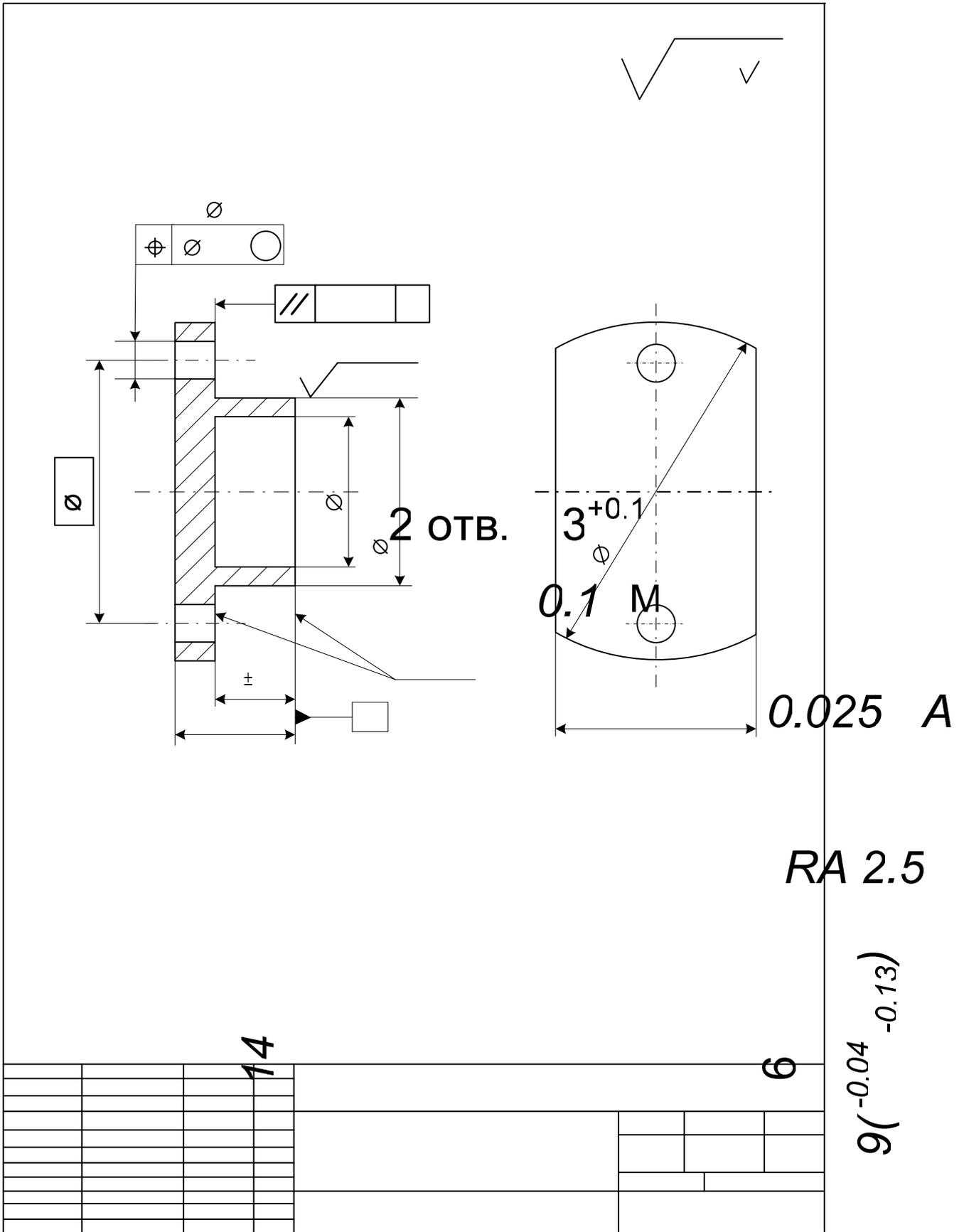
**Оформление чертежей деталей типа корпусных, втулок, крышек, кронштейнов и т. п.**

На чертежах наносятся габаритные размеры, а также размеры, необходимые, исходя из конструктивных особенностей и технологии изготовления.

Общие требования при назначении допусков формы, расположения и шероховатости поверхностей изложены выше.

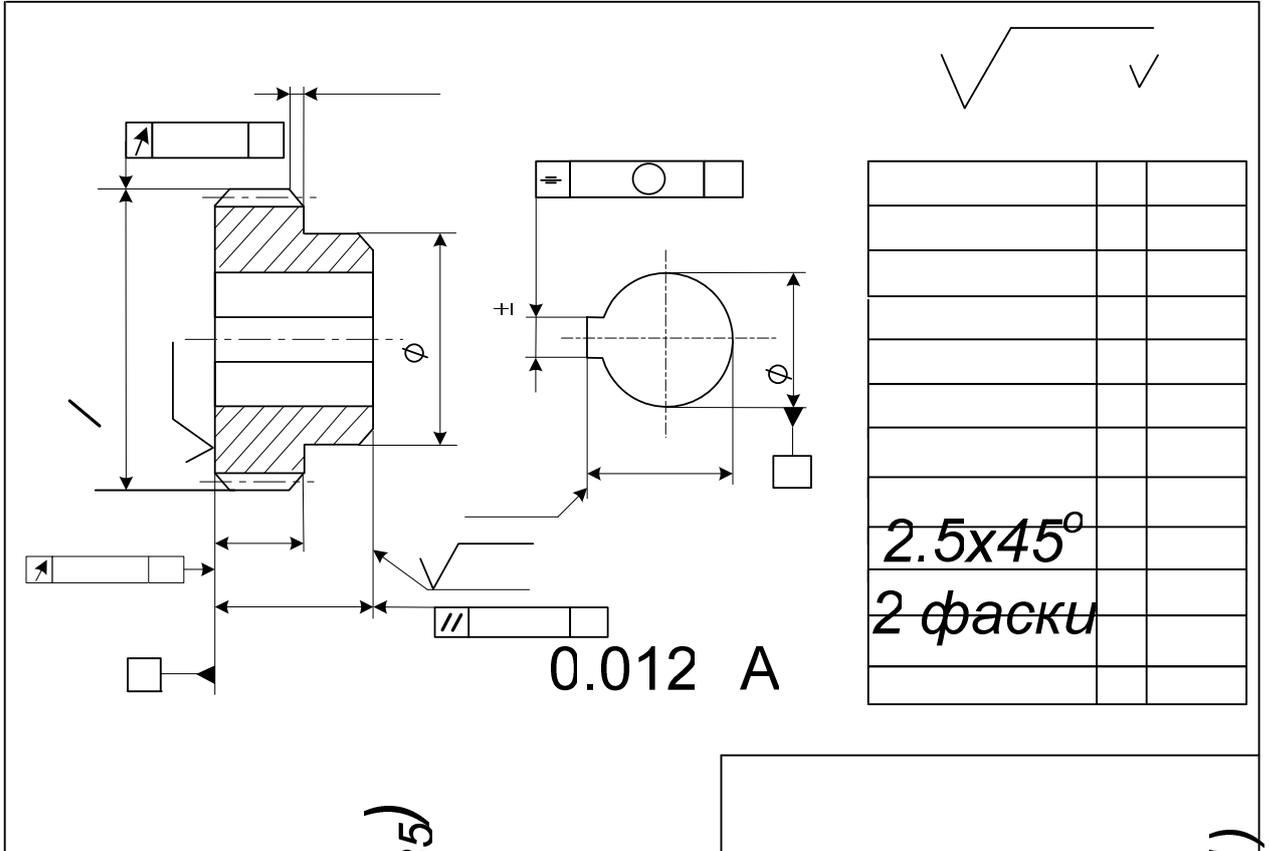
При наличии у детали отверстий под крепёжные детали указываются позиционные допуски расположения осей отверстий.

0.01 A



### Оформление чертежа цилиндрического зубчатого колеса

Согласно ГОСТ 2.403-75, в правом верхнем углу чертежа (рис. 15) зубчатого колеса помещается таблица, состоящая из трех частей: 1- основные данные (модуль, число зубьев, исходный контур, коэффициент смещения,



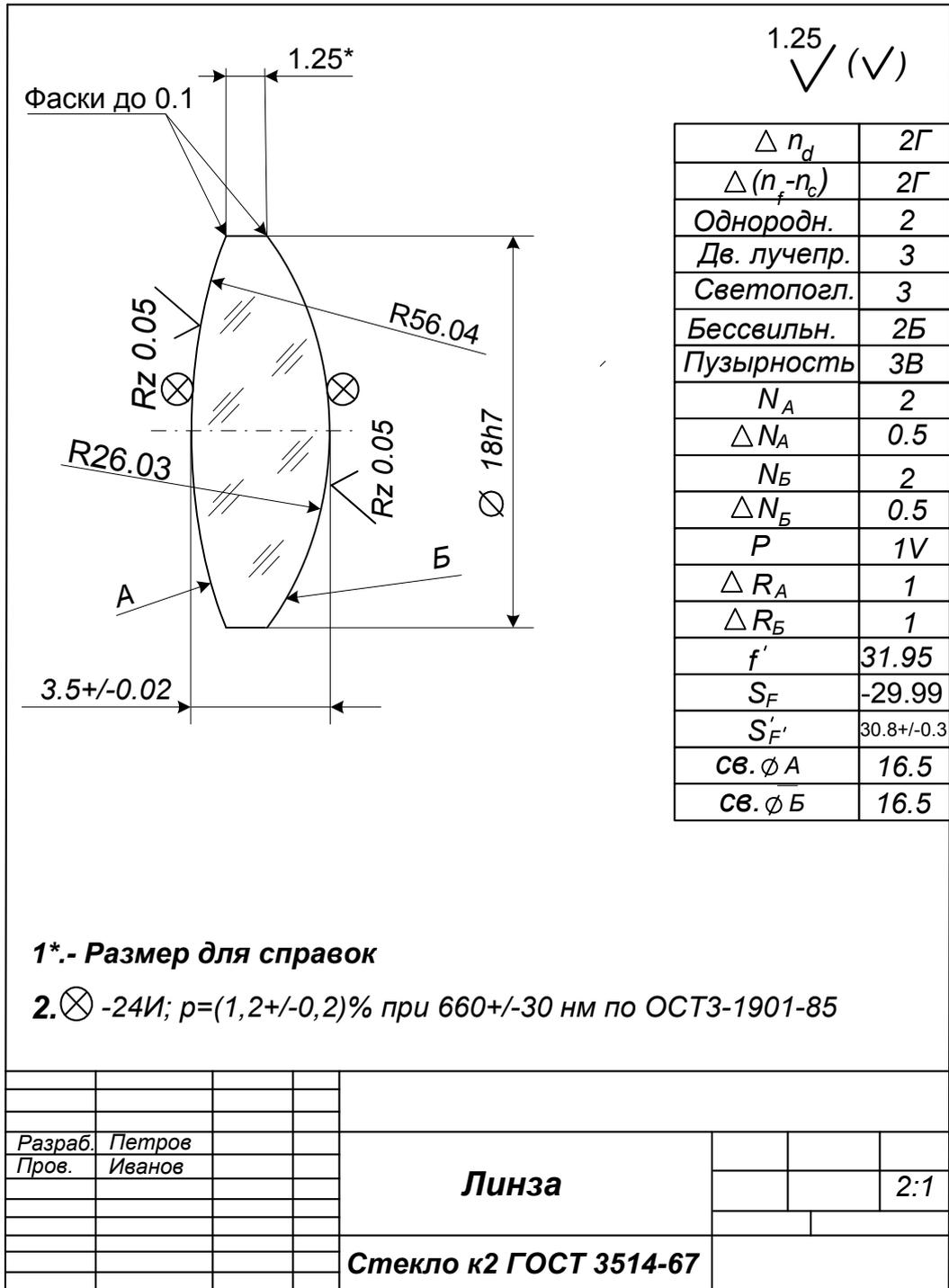
степень точности). 2 - данные для контроля (смещение исходного контура, длина общей нормали, постоянная хорда зуба), 3 - справочные данные.

На изображении зубчатого колеса должны быть указаны диаметры вершин зубьев  $d_a = m(z + 2)$ , ширина венца, размеры фасок или радиусы кривизны линий приотупления на кромках зубьев, шероховатость боковых поверхностей зубьев.

### Оформление чертежа оптической детали

При выполнении чертежей оптических схем следует пользоваться рекомендациями ГОСТ 2.412-81 «Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий».

На чертежах оптических деталей в правом верхнем углу указывают три группы параметров: 1) требования к материалу (однородность, двойное лучепреломление, светопропускание, бистабильность и пузырьность), 2) требования к изготовлению (количество интерференционных полос, определяющее отклонение формы оптической поверхности, класс чистоты поверхности и др.), 3) расчетные данные (фокусные расстояния и отрезки).



**Рис. 16** Чертёж оптической детали

В соответствии с ГОСТ 2.412-81 допуски на наружный размер и толщину оптической детали указываются непосредственно на чертеже.

### *Конструктивные элементы деталей*

При оформлении чертежей обязательно изображение и задание параметров всех конструктивных элементов (многие из которых детально не проработаны на сборочном эскизе).

*Фаски*, выполняемые на валах и в отверстиях для уменьшения вероятности повреждения кромок и удобства сборки. В соответствии с ГОСТ 10948-84, угол фаски принимается равным  $45^0$ , а величину катета принимают из ряда: 0.2; 0.4; 0.6; 1.0.

*Канавки* для выхода шлифовального круга (необходимы, чтобы при шлифовании цилиндрической поверхности ступенчатых валов или втулок шлифовальный круг не касался бы торцевой поверхности соседней ступеньки). Шлифованию подлежат поверхности 6 – 8 квалитетов, так как получение такой поверхности в результате токарной обработки затруднительно. Форма и размеры канавок для выхода шлифовального круга регламентированы ГОСТ 3820-89.

При определении конструктивных элементов сборочных единиц и приборов в процессе конструирования следует учитывать характеристики крепежных изделий (винты с цилиндрической и потайной головками, гайки, шайбы и др.).

### *Технические требования на чертежах*

Для изготовления деталей приборов применяют самые различные материалы – металлы, пластмассы, резину, ткани, оптические стёкла и др.

Чёрные металлы применяют для деталей с повышенными требованиями в отношении прочности и жёсткости при невысокой стоимости.

При небольших нагрузках применяют цветные металлы и сплавы, обладающие антикоррозийностью, антифрикционностью, небольшой массой.

Дешёвыми материалами с весьма ценными свойствами (мягкостью, тепло- и электроизоляцией, антифрикционностью и др.) являются пластмассы.

Конкретные рекомендации по выбору материала деталей даны в справочной литературе при рассмотрении конструкций отдельных узлов и сопряжений.

На каждом рабочем чертеже указывается условное обозначение материала детали: наименование, марка, номер стандарта, а при необходимости и условное обозначение заготовки по сортаменту. В технических требованиях приводится условное обозначение покрытия детали по ГОСТ 21484-76 и (при необходимости) данные по термообработке.

*Гальванические покрытия* получают нанесением на поверхность детали электрохимическим путём тонкого слоя металла, как правило, стойкого к коррозии.

*Анодно-окисные покрытия* применяют для алюминия и его сплавов, титана и его сплавов, меди и её сплавов. В зависимости от технологического

процесса и состава могут быть получены покрытия защитные, защитно-декоративные, износостойкие, электроизоляционные.

При конструировании следует учитывать, что после покрытия размеры детали, как правило, изменяются по сравнению с её размерами до нанесения покрытия.

Текстовую часть технических требований располагают на поле чертежа над основной надписью.

### *Информационное обеспечение*

Выборка из ГОСТ 24643-81, содержащая значения допусков плоскостности и прямолинейности при степенях точности с 1 по 10 в диапазоне размеров до 250 мм.

**Таблица 4**

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	мкм									
До 10	0.25	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16
Св. 10 до 16	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20
Св. 16 до 25	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25
Св. 25 до 40	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30
Св. 40 до 63	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40
Св. 63 до 100	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50
Св. 100 до 160	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60
Св. 160 до 250	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80

Выборка из ГОСТ 24643-81, содержащая значения допусков цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения при степенях точности с 1 по 10 в диапазоне размеров до 400 мм.

**Таблица 5**

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	мкм									
До 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20
Св. 3 до 10	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25
Св. 10 до 18	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30
Св. 18 до 30	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40
Св. 30 до 50	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50
Св. 50 до 120	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60
Св. 120 до 250	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80
Св. 250 до 400	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60	100

Выборка из ГОСТ 24643-81, содержащая значения допусков параллельности, перпендикулярности и торцового биения при степенях точности с 1 по 10 в диапазоне размеров до 250 мм.

Таблица 6

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	мкм									
До 10	0.4	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25
Св. 10 до 16	0.5	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30
Св. 16 до 25	0.6	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40
Св. 25 до 40	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50
Св. 40 до 63	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	50
Св. 63 до 100	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80
Св. 100 до 160	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60	100
Св. 160 до 250	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80	120

Выборка из ГОСТ 24643-81, содержащая значения допусков радиального биения, соосности, симметричности, пересечения осей в диаметральной выразении при степенях точности с 1 по 10 в диапазоне размеров до 400 мм.

Таблица 7

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	мкм									
До 3	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50
Св. 3 до 10	1.0	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60
Св. 10 до 18	1.2	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80
Св. 18 до 30	1.6	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60	100
Св. 30 до 50	2.0	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80	120
Св. 50 до 120	2.5	4.0	6.0	10	16	25	40	60	100	160
Св. 120 до 250	3.0	5.0	8.0	12	20	30	50	80	120	200
Св. 250 до 400	4.0	6.0	10	16	25	40	60	100	160	250

### Классы шероховатости поверхности в соответствии с ГОСТ 2783-81

Классы	Параметры шероховатости, мкм			Базовая длина L, мкм
	Разряды	Ra	Rz	
1	-	-	320-160	8
2	-	-	160-80	
3	-	-	80-40	
4	-	-	40-20	2.5
5	-	-	20-10	
6	а	2.5-2.0	--	0.8
	б	2.0-1.6		
	в	1.6-1.25		

Классы	Параметры шероховатости, мкм			Базовая длина L, мкм
	Разряды	Ra	Rz	
7	a	1.25-1.0	--	0.25
	б	1.0-0.8		
	в	0.8-0.63		
8	a	0.63-0.50	--	
	б	0.50-0.40		
	в	0.40-0.32		
9	a	0.32-0.25	--	
	б	0.25-0.20		
	в	0.20-0.16		
10	a	0.160-0.125		
	б	0.125-0.100		
	в	0.100-0.080		
11	a	0.080-0.063		
	б	0.063-0.050		
	в	0.050-0.040		
12	a	0.040-0.032		
	б	0.032-0.025		
	в	0.025-0.020		
13	a	--	0.100-0.080	0.08
	б		0.080-0.063	
	в		0.063-0.050	
14	a	--	0.050-0.040	
	б		0.040-0.032	
	в		0.032-0.025	

**Параметры шероховатости поверхностей, характерные для различных видов обработки**

Вид обработки	Класс чистоты	R <sub>a</sub> , мкм	Базовая длина, мм
Точение	4	6.3	2.5
	5	3.2	2.5
Шлифовка	6	1.6	0.8
	7	0.8	0.8
	8	0.4	0.8
Полировка	9	0.2	0.25
	10	0.1	0.25
	11	0.05	0.25
	12	0.025	0.25
Доводка	13	0.012	0.08
	14	0.006	0.08

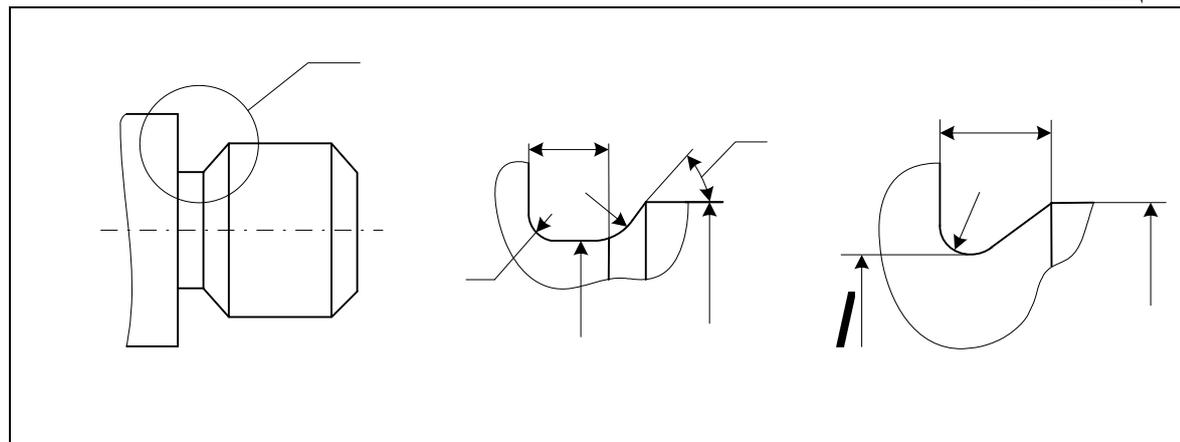
Размеры проточек для наружной и внутренней метрической резьбы по  
ГОСТ 10540-80. мм

Таблица 8

Наружная резьба				Внутренняя резьба					
Шаг резьбы <i>P</i>	Наружный диаметр <i>d</i>		<i>R</i>	Наружная резьба			Внутренняя резьба		
	<i>C</i> крупным шагом	<i>C</i> мелким шагом		<i>d<sub>f</sub></i>	<i>f<sub>1</sub></i>	<i>f<sub>2</sub></i>	<i>d<sub>f</sub></i>	<i>f<sub>1</sub></i>	<i>f<sub>2</sub></i>
1	6	8;10	0.5	<b>d-1.6</b>	2.1	3.5	<b>d+0.5</b>	4.0	5.2
1.25	8	10	0.6	-2.0	2.7	4.4		5.0	6.7
1.5	10	12;14;16	0.75	-2.3	3.2	5.2		6.0	7.8
1.75	12		0.9	-2.6	3.9	6.1		7.0	9.1
2	16	20;24;30	1.0	-3.0	4.5	7.0		8.0	10.3
2.5	20		1.25	-3.6	5.6	8.7		10.0	13.0
3	24	36;42;48	1.5	-4.4	6.7	10.5		12.0	15.2
3.5	30		1.75	-5.0	7.7	12.0		14.0	17.0
4	36	56	2.0	-5.7	9.0	14.0		16.0	20.0
4.5	42		2.25	-6.4	10.5	16.0		16.0	23.0

Размеры канавок для выхода шлифовального круга, мм (по ГОСТ 8820-69)

Таблица 9



<b>d</b>	<b>b</b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>r</b>	<b>r<sub>1</sub></b>
≤ 10	1	$d - 0.3$	0.3	0.2
	1.6		0.5	0.3
	2			
▷ 10 – 50	3	$d - 0.5$	1	0.5

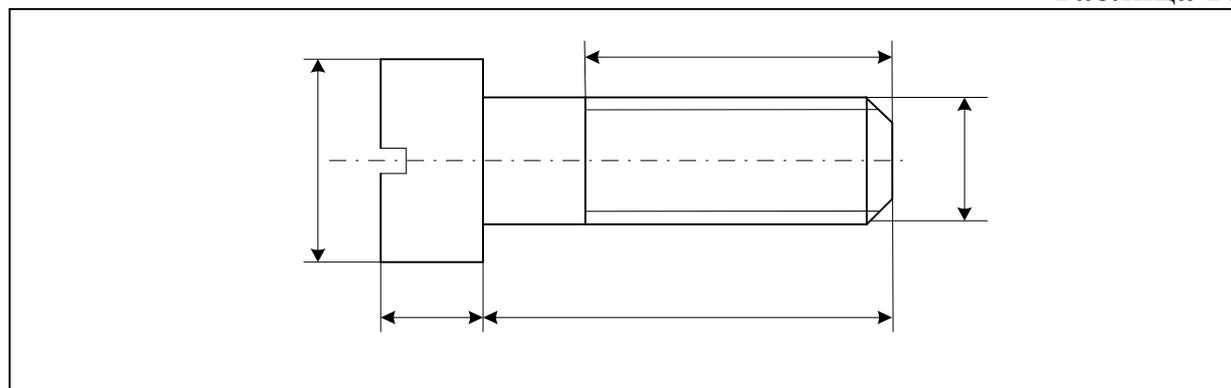
Вид  
ИСПОЛНЕ

 $b$  $r_1$ 

Винты с цилиндрической головкой. Класс точности В.  
Выборка по ГОСТ 1491-80.

 $r$ 

Таблица 10



Номинальный диаметр резьбы, $d$	$D$ Пр. откл-я по $h14$	$k$ Пр. откл-я по $h14$	Интервал $l$ Пр. откл-я $j_s 16$	$b$ Пр. откл-я $j_s 16$
1.6	3	1	2-14	9
2	3.8	1.3	2.5-16	10
2.5	4.5	1.6	3-20	11
3	5.5	2	3-30	13
4	7	2.6	4-40	14
5	8.5	3.3	6-50	16
6	10	3.9	7-60	18
8	13	5	12-80	22

Ряд длин  $l$  для винтов: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30 и далее через 5 мм.

 $d_1$

### Принятые сокращения

- $\triangleleft$  – конусность (приращение диаметра на единицу осевого размера);
- $(M)$  – позиционный допуск;
- $d_a$  – диаметр вершин зубьев;
- $f'$  – фокусное расстояние оптического компонента;
- $R_a, R_z$  – высотные параметры шероховатости поверхности;
- $S_f$  – передний фокальный отрезок;
- $S'_f$  – задний фокальный отрезок;
- $t_{1,2,..}$  – классы точности размеров с неуказанными предельными отклонениями;
- $TFE$  – Допуск плоскостности;
- $TFK$  – Допуск круглости;
- $TFL$  – Допуск прямолинейности;
- $TFP$  – Допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности;
- $TFZ$  – Допуск цилиндричности;
- $TPA$  – Допуск параллельности;
- $TPC$  – Допуск соосности;
- $TPN$  – Допуск наклона;
- $TPP$  – Позиционный допуск;
- $TPR$  – Допуск перпендикулярности;
- $TPR$  – Допуск симметричности;
- $TPX$  – Допуск пересечения;
- $\Delta$  – отклонения от соосности отверстий под крепёжные детали;
- $K$  – коэффициент использования зазора;
- $T$  – позиционный допуск.

### Литература

1. Шляхтер Л.М., Соболев Е.А. Взаимозаменяемость и технические измерения.-М.: Легпромбытиздат, 1993.
2. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. –М.: Машиностроение, 1986.
3. Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник в 2-х частях - СПб.: Политехника, 2001.
4. Шляхтер Л.М., Соболев Е.А. Основы выполнения рабочих чертежей деталей. Учебное пособие.-М.: Изд-во МТИ, 1991.
5. Плотников В.С., Варфоломеев Д. И., Пустовалов В.Е. Расчёт и конструирование оптико-механических приборов.-М.: Машиностроение, 1983.
5. ГОСТ 25347-82. Предельные отклонения в системе отверстия при размерах до 500 мм

Л.Г.Муханин, Ю.В.Федоров

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ по дисциплине  
**«Основы взаимозаменяемости»**  
для студентов по направлениям  
200100 «Приборостроение», 220401 «Мехатроника»

Часть 4

Основы выполнения рабочих чертежей деталей



Санкт-Петербург  
2011

Лев Григорьевич Муханин  
Юрий Владимирович Федоров

Методическое пособие к выполнению практических работ по дисциплине «Основы взаимозаменяемости» для студентов по направлениям 200100 «Приборостроение», 220401 «Мехатроника» Часть 4 – Основы выполнения рабочих чертежей деталей. СПб: СПб ГУИТМО, 2009. 33 с.

В авторской редакции  
Компьютерный набор и верстка  
Дизайн обложки  
Заведующая редакционно-издательским отделом  
СПб ГУИТМО  
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.09  
Подписано к печати  
Заказ № 2345  
Тираж 100  
Отпечатано на ризографе

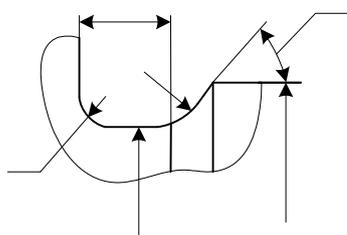
Л.Г.Муханин  
Ю.В.Федоров  
Н.Ф.Гусарова

Л.Г.Муханин, Ю.В.Федоров

**«ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ»**

**Часть 4**

ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ



**Санкт-Петербург  
2011**

## КАФЕДРА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Кафедра измерительных технологий, и компьютерной томографии, в прошлом кафедры часового производства и приборов точной механики была создана одновременно с основанием университета, который ведёт свою историю от образования в 1900 г. ремесленного училища цесаревича Николая. Основателем кафедры является Норберт Болеславович Завадский – первый заведующий механико-оптического отделения этого училища.

В 1920 г. отделение было реорганизовано в техникум точной механики, который с 1925 г. начал подготовку инженеров-приборостроителей. В дальнейшем техникум был преобразован в учебный комбинат, ФЗУ и в 1933 г. стал институтом точной механики и оптики. Всё это время до своей смерти заведовал кафедрой и преподавал дисциплины, связанные с точной механикой, профессор Н.Б.Завадский. В 1930 году кафедру возглавил Л.П.Шишелов. На кафедре читались дисциплины «Теория часовых механизмов», «Электроизмерительные приборы», «Механические приборы», в которые входило изучение тахометров, таксометров, счётчиков, арифмометров, часовых и гироскопических приборов, электротехники.

До 1976 года кафедрой заведовал профессор Аксельрод Захар Маркович. После него кафедру возглавил Борис Александрович Арефьев, известный специалист в области автоматического управления. С 1985 г. кафедрой руководил основатель магниторезонансного класса изображений профессор Владислав Александрович Иванов. В связи с развитием техники и потребностью выпуска инженерных кадров по разработке и эксплуатации магниторезонансных томографов с 1992 года кафедра начала подготовку инженеров по специализации «Компьютерная томография». В настоящее время руководит кафедрой доктор технических наук, профессор Мария Яковлевна Марусина.

**Редакционно-издательский отдел**  
Санкт-Петербургского государственного  
университета информационных технологий,  
механики и оптики  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

