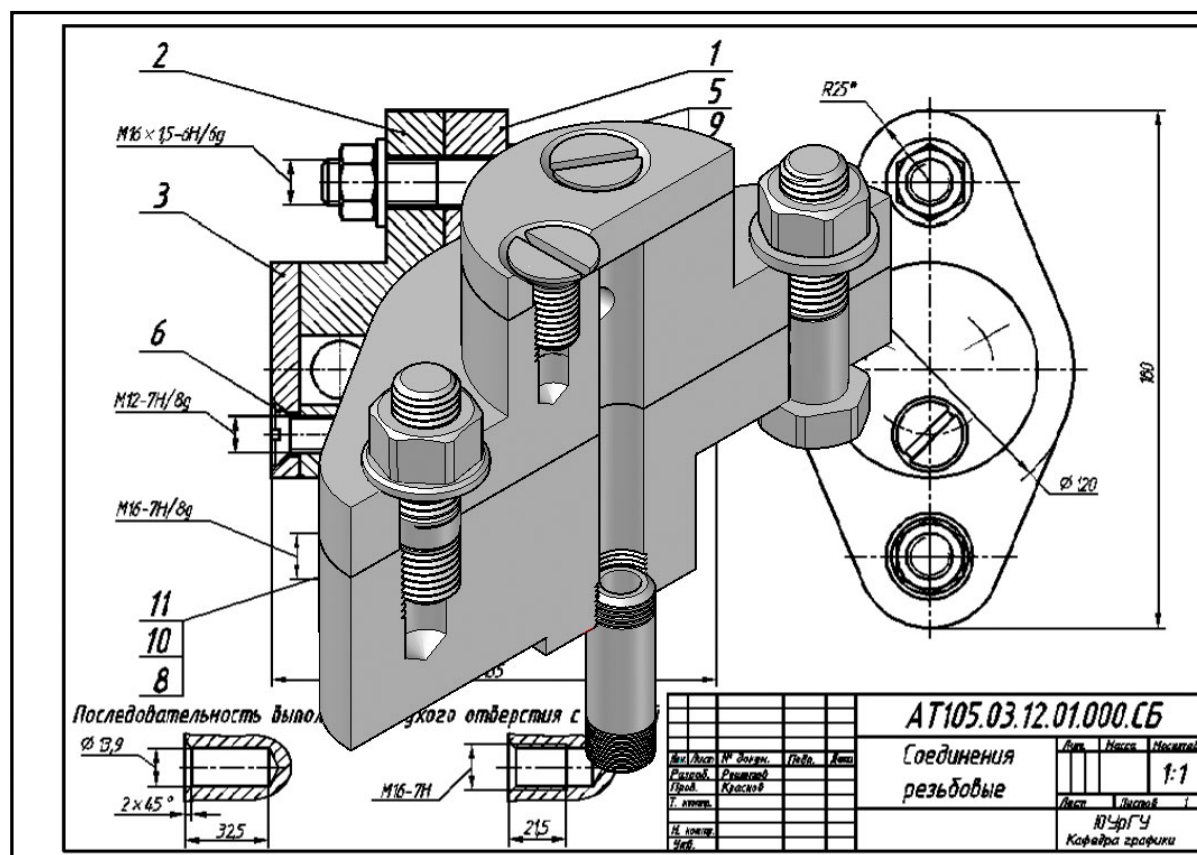


744(07)  
Р472

А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова

# СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО К ЗАДАНИЯМ ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ

Учебное пособие



Челябинск  
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Южно-Уральский государственный университет  
Кафедра графики

744(07)  
Р472

А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова

**СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО  
К ЗАДАНИЯМ  
ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ**

Учебное пособие

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2015

УДК [744:621](075.8)+621.833.001.2(075.8)  
Р472

*Одобрено  
учебно-методической комиссией  
архитектурно-строительного факультета*

*Рецензенты:  
М.В. Шахматов, А.Г. Игнатьев.*

**Решетов, А.Л.**

**Р472 СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО К ЗАДАНИЯМ ПО  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ : учебное пособие / А.Л.  
Решетов; Л.И. Хмарова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ,  
2015. – 139 с.**

Пособие написано в помощь студентам при выполнении заданий по курсу «Машиностроительное черчение». В пособии рассмотрены способы образования, изображения и обозначения различных типов резьб, резьбовых крепежных изделий, правила вычерчивания разъемных и неразъемных соединений деталей, цилиндрических зубчатых колес и передач с учётом шероховатости поверхностей. Пособие содержит необходимый справочный материал по рассматриваемым вопросам.

В пособии учтены изменения Государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) на 01.01.2014 г.

Пособие разработано для студентов, обучающихся по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Инженерное дело, технологии и технические науки».

УДК [744:621](075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. РЕЗЬБА	
1.1. Формирование резьбовой поверхности .....	7
1.2. Классификация резьб .....	7
1.3. Профиль и параметры резьбы .....	8
1.4. Элементы резьбы .....	10
1.5. Резьба метрическая цилиндрическая .....	11
1.6. Прочие крепежные резьбы	
1.6.1. Резьба метрическая коническая.....	15
1.6.2. Резьба трубная цилиндрическая.....	16
1.6.3. Резьба трубная коническая.....	17
1.6.4. Резьба коническая дюймовая.....	17
1.6.5. Резьба круглая.....	17
1.7. Ходовые резьбы	
1.7.1. Резьба трапецеидальная .....	18
1.7.2. Резьба упорная .....	19
1.7.3. Резьба прямоугольная .....	19
1.8. Изображение и обозначение резьбы на чертежах .....	20
2. КРЕПЕЖНЫЕ РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ .....	29
2.1. Болты с шестигранной головкой .....	29
2.2. Шпильки общего применения .....	33
2.3. Гайки шестигранные .....	35
2.4. Крепежные винты .....	36
2.5. Шайбы .....	42
2.6. Фитинги .....	43
2.7. Технические требования к болтам, винтам, шпилькам и гайкам .....	47
2.8. Уловные обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек .....	50
3. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	53
3.1. Разъемные соединения деталей машин	
3.1.1. Соединения крепежными резьбовыми деталями .....	54
3.1.2. Шпоночные соединения .....	61
3.1.3. Зубчатые (шлицевые) соединения .....	67
3.2. Неразъемные соединения .....	70

4. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ	
4.1. Основные определения .....	75
4.2. Классификация зубчатых передач .....	75
4.3. Передачи зубчатые цилиндрические .....	76
4.3.1. Конструкция цилиндрических зубчатых колес .....	78
4.3.2. Выполнение чертежа зубчатой передачи .....	80
5. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ) ...	83
6. ЗАДАНИЯ ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ .....	88
6.1. Задание № 3. Крепёжные изделия. Соединения резьбовые .....	88
6.1.1. Выполнение эскиза болта .....	88
6.1.2. Выполнение эскиза гайки .....	92
6.1.3. Выполнение сборочного чертежа «Соединения резьбовые»	96
6.1.4. Пример расчёта резьбовых соединений .....	101
6.2. Задание № 4. Эскизирование деталей машин .....	109
6.2.1. Выполнение эскиза зубчатого колеса .....	109
6.2.2. Выполнение эскиза (чертежа) вала с натуры .....	113
6.2.3. Эскиз детали, имеющей необработанные и обработанные	
поверхности .....	119
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	123
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	123

## ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное предназначено для изучения разъемных и неразъемных соединений деталей машин и приобретения практических навыков изображения этих соединений в соответствии со стандартами ЕСКД.

Машины, станки, приборы и аппараты состоят из различных определенным образом объединенных и взаимосвязанных деталей, которые соединяются между собой различными способами. Соединение деталей обеспечивает их определенное взаимное положение в процессе работы.

Различают **разъемные** и **неразъемные** соединения деталей машин. **Разъемными** являются соединения, допускающие разборку и повторную сборку соединяемых деталей без разрушения и повреждения соединительных элементов. **Неразъемные** – это соединения деталей с жесткой механической связью, сохраняющейся в течение всего срока их службы. Разборка таких соединений невозможна без разрушений или повреждений самих деталей или связывающих их элементов. К ним относятся соединения деталей сваркой, заклепками, пайкой, склеиванием, соединения с натягом.

Разъемные соединения могут быть подвижными и неподвижными. **Подвижные** соединения допускают перемещение деталей в каком-либо одном направлении (зубчатые и шпоночные соединения). Зубчатые и шпоночные соединения используют для передачи крутящего момента, а также в конструкциях, требующих перемещения деталей вдоль оси вала, например в коробках скоростей. **Неподвижные разъемные** соединения исключают относительное положение деталей. Такими соединениями являются соединения при помощи резьбы. Эти соединения обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надёжность, способность воспринимать большие нагрузки, сравнительно малые размеры и малая масса конструктивного элемента, простота изготовления и пр.

При выполнении на чертежах соединений деталей используют их полные, упрощенные или условные изображения. Иногда (например, при обозначении сварки, пайки и др.) применяют дополнительные условные обозначения.

В результате выполнения графических работ студенты должны

**знать:** условные обозначения стандартных и нестандартных резьб, правила выполнения чертежей резьбовых соединений (ГОСТ 2.311-68), правила упрощенного и условного изображения крепежных резьбовых соединений и изделий на сборочных чертежах (ГОСТ 2.315-68), правила условного изображения зубчатых (шлицевых) соединений (ГОСТ 2.409-74), зубчатых передач (ГОСТ 2.402-68), конструкцию зубчатых колес, шпоночных соединений (ГОСТ 23360-78, 24071-80), обозначение шероховатости поверхностей (ГОСТ 2.309-73);

**уметь:** изображать резьбы и резьбовые соединения; записывать условные обозначения резьб и крепежных резьбовых изделий; вычерчивать болтовое, шпилечное и винтовое соединение по относительным размерам; выполнять изображения деталей зубчатых передач, шпоночных соединений; вычерчивать чертежи отдельных узлов и трубопроводов; пользоваться стандартами на резьбовые, крепежные изделия, соединительные части трубопроводов, определять размеры стандартизованных конструктивных элементов деталей машин;

**иметь представление:** о назначении различных типов резьб, о различных видах зубчатых передач, о параметрах шероховатости поверхностей, о чертеже общего вида, сборочном чертеже и спецификации.

Настоящее учебное пособие является дополненным и переработанным вариантом учебного пособия [11]. В пособии учтены изменения стандартов ЕСКД на 01.01.2014 г.

# 1. РЕЗЬБА

## 1.1. Формирование резьбовой поверхности

В основе образования резьбовой поверхности лежит принцип получения винтовой линии. Вид винтовой линии зависит от формы поверхности вращения, на которой она нанесена (цилиндрическая или коническая).

Если на поверхности цилиндра или конуса прорезать канавку по винтовой линии, то режущая кромка резца образует винтовую поверхность, вид которой зависит от формы режущей кромки – треугольная, трапецеидальная, квадратная.

**Резьба** – поверхность, образованная при винтовом движении некоторой плоской фигуры по цилиндрической или конической поверхности так, что плоскость фигуры всегда проходит через ось поверхности вращения (рис. 1).

При нарезании резьбы используется режущий инструмент: резец, фреза, гребенка, метчик (рис. 2), который выбирает на цилиндре или конусе вращения винтовую канавку, профиль которой идентичен профилю образующегося при этом винтового выступа [1].

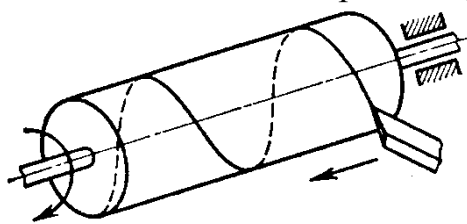


Рис. 1. Образование резьбы

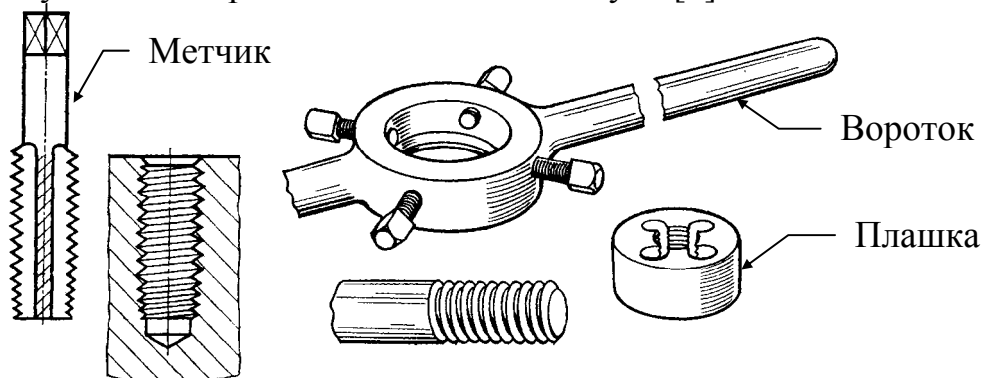


Рис. 2. Резьбонарезной инструмент

## 1.2. Классификация резьб

Резьбы можно классифицировать по нескольким признакам.

*В зависимости от формы поверхности*, на которой нарезана резьба: цилиндрическая (рис. 3, а) и коническая (рис. 3, б).

*В зависимости от расположения резьбы на поверхности стержня или отверстия*: наружная (рис. 3, а, б) и внутренняя (рис. 3, в).

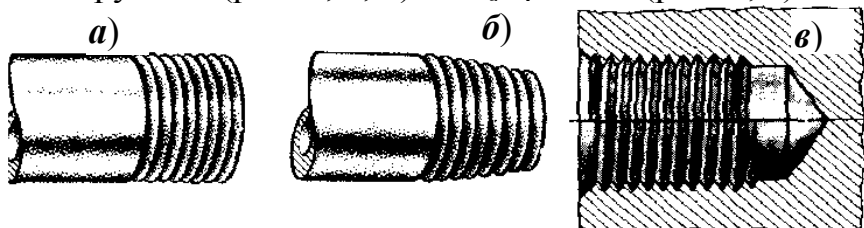


Рис. 3. Виды резьб

**В зависимости от формы профиля:** треугольная (рис. 4, а), трапециевидная (рис. 4, б), прямоугольная (рис. 4, в), круглая (рис. 4, г).

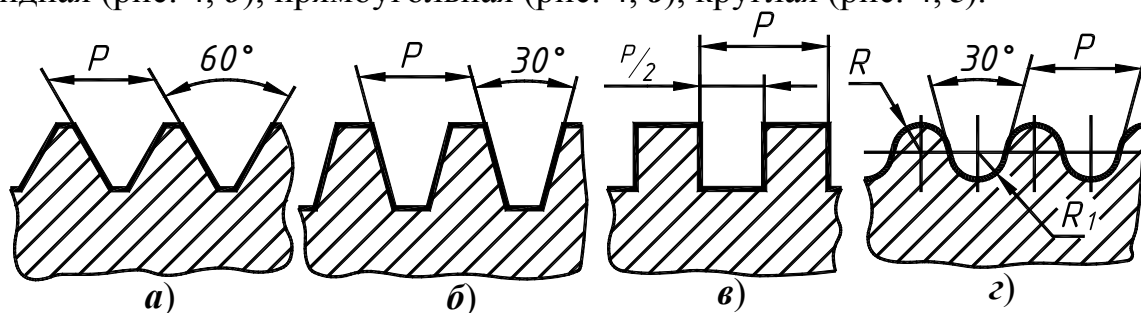


Рис. 4. Профиль резьбы

**По числу заходов:** однозаходная (рис. 5, а) и многозаходная (рис. 5, б). Число заходов можно сосчитать на торце стержня или отверстия.

**По направлению винтовой линии:** правая (рис. 5, а) и левая (рис. 5, б).

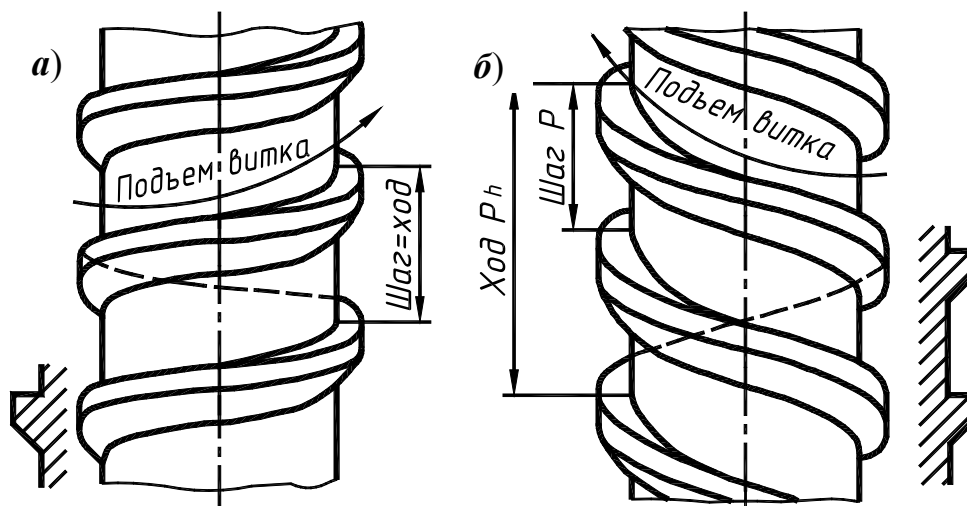


Рис. 5. Параметры резьбы

**По величине шага:** различают резьбу крупную, мелкую, специальную.

**По эксплуатационному назначению:** крепежная, крепежно-уплотняющая, ходовая, специальная.

Все резьбы, используемые в практике, подразделяются на три группы: а) резьбы **стандартизованные** – резьбы с установленными стандартом параметрами: профилем, шагом, диаметром; б) резьбы **нестандартизованные** (параметры не соответствующие стандартным); в) **специальные** резьбы имеют стандартный профиль, а размеры диаметра или шага отличны от стандартных [2].

### 1.3. Профиль и параметры резьбы

Фигура сечения винтового выступа плоскостью, проходящей через ось резьбы, называется **профилем резьбы**. Угол между боковыми сторонами профиля называется **углом профиля** (углы  $60^\circ$  и  $30^\circ$  на рис. 4, угол  $60^\circ$  на рис. 6).

Часть винтового выступа, которая образуется производящим контуром за один оборот, называется **ВИТКОМ**.

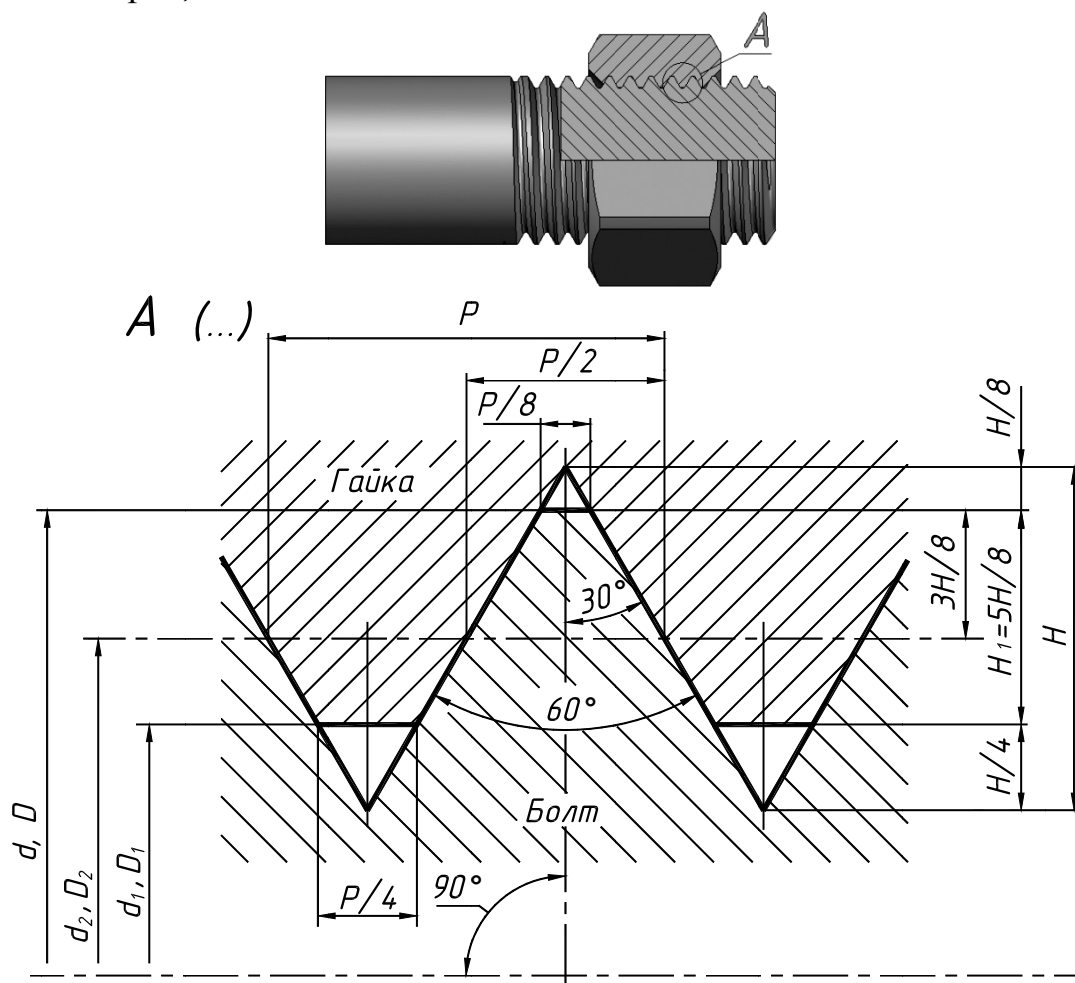


Рис. 6. Профиль метрической цилиндрической резьбы

К параметрам резьбы относятся ее шаг и ход.

**Шаг резьбы  $P$**  – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренными вдоль оси резьбы (рис. 5, *a*).

**Ход резьбы  $P_h$**  – относительное осевое перемещение винта (гайки) за один оборот, равное произведению  $n \cdot P$ , где  $n$  – число заходов резьбы (рис. 5, *б*).

Резьба имеет три диаметра (рис. 6):

$d$  – наружный диаметр наружной резьбы (болта);

$D$  – наружный диаметр внутренней резьбы (гайки);

$d_2$  – средний диаметр резьбы болта;

$D_2$  – средний диаметр резьбы гайки;

$d_1$  – внутренний диаметр резьбы болта;

$D_1$  – внутренний диаметр резьбы гайки.

## 1.4. Элементы резьбы

Участок конечных витков резьбы, имеющих неполный профиль, называется **сбегом** резьбы (рис. 7). Режущая часть метчика или плашки состоит из двух частей: конической (заборной) и цилиндрической (калибрующей). Сбег резьбы образуется от заборной части резбонарезающего инструмента.

Сбег резьбы на чертежах, как правило, не изображается и за длину резьбы принимается длина резьбы полного профиля, в которую включается фаска, выполненная на конце стержня или в начале отверстия (рис. 7, а, б). Коническая **фаска** предохраняет крайние витки от повреждения и служит направляющей при соединении деталей с резьбой. Фаску выполняют до нарезания резьбы. При необходимости сбег резьбы изображается сплошной тонкой прямой линией, которая проводится примерно под углом  $30^\circ$  к оси резьбы (рис. 7, а, б).

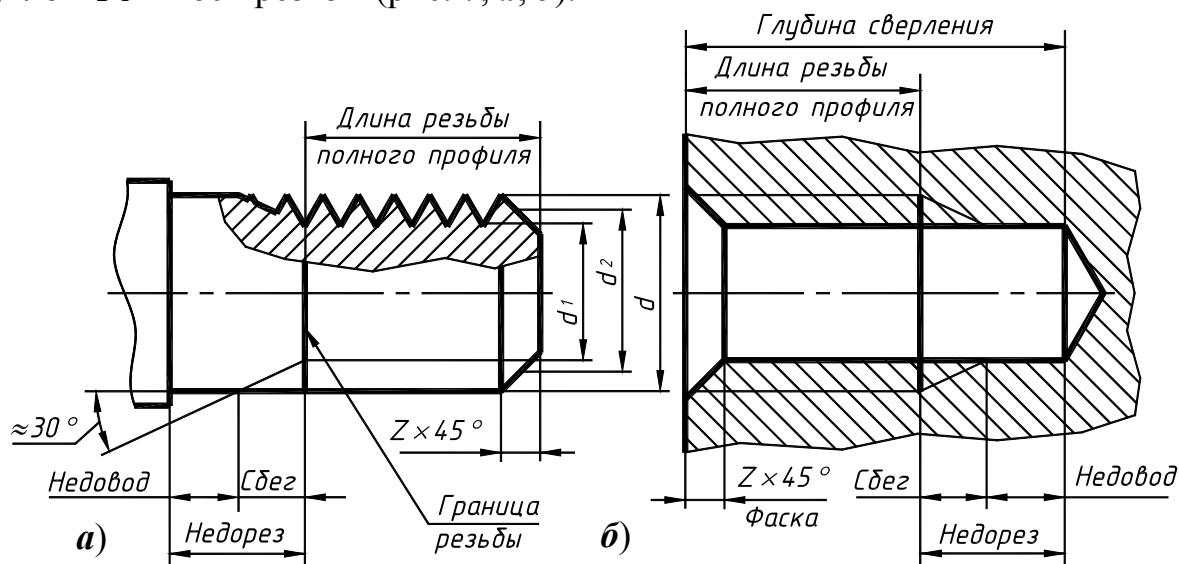


Рис. 7. Элементы резьбы

Если резьбу выполняют до некоторой поверхности, не позволяющей доводить резбонарезающий инструмент до упора к ней, то образуется **недовод** резьбы. Сбег плюс недовод образуют **недорез** резьбы.

Для того чтобы избежать образования сбega, на детали выполняется специальная проточка, служащая для выхода резбонарезающего инструмента. Ширина проточки ( $s_1$ , на рис. 8, а, б) включается в длину  $L$  резьбы. Размеры проточек зависят от типа и шага резьбы. Для трубной цилиндрической, трубной конической, конической дюймовой с углом профиля  $60^\circ$  и трапецеидальной резьбы форму и размеры проточек устанавливает ГОСТ 10549-80. Размеры проточек для выхода инструмента при нарезании метрической резьбы устанавливает ГОСТ 27148-86 (табл. 1). Размеры фасок, сбегов и недорезов (табл. 24), стандартизованы (ГОСТ 10549-80). Определения, относящиеся к резьбе, изложены в ГОСТ 11708-82. Все резьбы, за исключением прямоугольной, стандартизованы (табл. 4).

## 1.5. Резьба метрическая цилиндрическая

Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы. Профиль резьбы установлен ГОСТ 9150-2002 и представляет собой равнобедренный треугольник с углом профиля  $\alpha=60^\circ$  (рис. 6). Профиль резьбы на стержне отличается от профиля резьбы в отверстии величиной притупления его вершин и впадин.

Основными параметрами метрической резьбы являются: номинальный диаметр –  $d$  ( $D$ ) и шаг резьбы –  $P$ , устанавливаемые ГОСТ 8724-2002 (табл. 2).

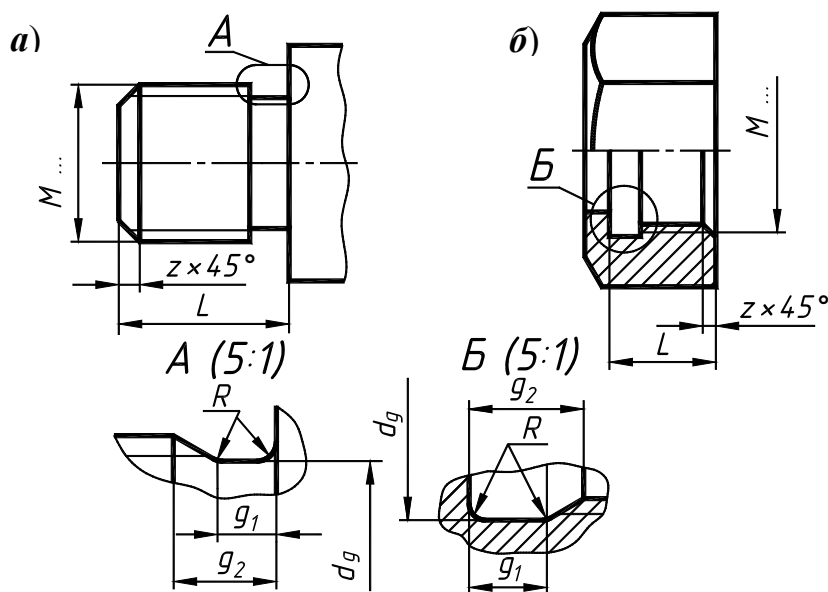


Рис. 8. Проточки для метрической резьбы: *a* – наружные, *б* – внутренние

Таблица 1

Размеры проточек для метрической резьбы (ГОСТ 27148-86) [3], мм

Шаг резьбы $P$	Радиус $R$	Наружные (рис. 8, <i>a</i> )			Внутренние (рис. 8, <i>б</i> )				
		$g_1$	$g_2$	$d_g$	Норм.	Узкая	Норм.	Узкая	$d_g$
		не менее	не более		$g_1$ не менее		$g_2$ не более		
0,45	0,2	0,7	1,35	$d-0,7$	1,8	1,1	2,4	1,7	$d+0,2$
0,5	0,2	0,8	1,50	$d-0,8$	2,0	1,25	2,7	2,0	$d+0,3$
0,7	0,4	1,1	2,10	$d-1,1$	2,8	1,75	3,8	2,75	$d+0,3$
0,8	0,4	1,3	2,40	$d-1,3$	3,2	2,0	4,2	3,0	$d+0,3$
1,0	0,5	1,6	3,00	$d-1,6$	4,0	2,5	5,2	3,7	$d+0,5$
1,25	0,6	2,0	3,75	$d-2,0$	5,0	3,2	6,7	4,9	$d+0,5$
1,5	0,8	2,5	4,50	$d-2,3$	6,0	3,8	7,8	5,6	$d+0,5$
1,75	1,0	3,0	5,25	$d-2,6$	7,0	4,3	9,1	6,4	$d+0,5$
2,0	1,0	3,4	6,00	$d-3,0$	8,0	5,0	10,3	7,3	$d+0,5$
2,5	1,2	4,4	7,50	$d-3,6$	10,0	6,3	13,0	9,3	$d+0,5$
3,0	1,6	5,2	9,00	$d-4,4$	12,0	7,5	15,2	10,7	$d+0,5$
3,5	1,6	6,2	10,5	$d-5,0$	14,0	9,0	17,7	12,7	$d+0,5$
4,0	2,0	7,0	12,0	$d-5,7$	16,0	10,0	20,0	14,0	$d+0,5$
4,5	2,0	8,0	13,5	$d-6,4$	18,0	11,0	23,0	16,0	$d+0,5$

Таблица 2

**Резьба метрическая цилиндрическая  
(ГОСТ 24705-2004, ГОСТ 8724-2002)**

Номиналь- ный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутрен- ний диа- метр резьбы	Номиналь- ный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутрен- ний диа- метр резьбы
$d$	крупный	мелкий	$d_1=D_1$	$d$	крупный	мелкий	$d_1=D_1$
<b>2,5</b>	<b>0,45</b>		2,013	<b>16</b>	<b>2,0</b>		13,835
		0,35	2,121			1,5	14,376
<b>3</b>	<b>0,50</b>		2,459			1,0	14,917
		0,35	2,621			0,75	15,188
<b>4</b>	<b>0,70</b>		3,242	<b>18</b>	<b>2,5</b>	0,5	15,459
		0,5	3,459				15,294
<b>5</b>	<b>0,8</b>		4,131			2,0	15,835
		0,5	4,459			1,5	16,376
<b>6</b>	<b>1,00</b>		4,918			1,0	16,917
		0,75	5,188			0,75	17,188
		0,5	5,459			0,5	17,495
<b>8</b>	<b>1,25</b>		6,647	<b>20</b>	<b>2,5</b>		17,294
		1,0	6,917			2,0	17,835
		0,75	7,188			1,5	18,376
		0,5	7,459			1,0	18,917
<b>10</b>	<b>1,5</b>	1,25	8,647			0,75	19,188
		1,0	8,917			0,5	19,459
		0,75	9,188	<b>22</b>	<b>2,5</b>		19,294
		0,5	9,459			2,0	19,835
<b>12</b>	<b>1,75</b>		10,106			1,5	20,376
		1,5	10,376			1,0	20,917
		1,25	10,647			0,75	21,188
		1,0	10,917			0,5	21,459
		0,75	11,188	<b>24</b>	<b>3,0</b>		20,752
		0,5	11,459			2,0	21,835
<b>14</b>	<b>2,0</b>		11,835			1,5	22,376
		1,5	7,376			1,0	22,917
		1,25	7,648			0,75	23,188
		1,0	7,917				
		0,75	13,188				

Окончание табл. 2

Номиналь- ный диа- метр резьбы	Шаг резьбы		Внутрен- ний диа- метр резь- бы	Номиналь- ный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутрен- ний диа- метр резь- бы
$d$	крупный	мелкий	$d_1=D_1$	$d$	крупный	мелкий	$d_1=D_1$
<b>27</b>	<b>3,0</b>		23,752	<b>45</b>	<b>4,5</b>		40,129
		2,0	24,835			3,0	41,752
		1,5	25,376			2,0	42,835
		1,0	25,917			1,5	43,376
		0,75	26,188			1,0	43,918
<b>30</b>	<b>3,5</b>		28,211	<b>48</b>	<b>5,0</b>		42,587
		3,0	26,752			3,0	44,752
		2,0	27,835			2,0	45,835
		1,5	28,376			1,5	46,376
		1,0	28,918			1,0	46,918
		0,75	29,188	<b>52</b>	<b>5,0</b>		46,587
<b>33</b>	<b>3,5</b>		29,211			3,0	48,752
		3,0	29,752			2,0	49,835
		2,0	30,835			1,5	50,376
		1,5	31,376			1,0	50,918
		1,0	31,918	<b>56</b>	<b>5,5</b>		50,046
		0,75	32,188			3,0	52,752
<b>36</b>	<b>4,0</b>		31,670			2,0	53,835
		3,0	32,752			1,5	54,376
		2,0	33,835			1,0	54,918
		1,5	34,376	<b>60</b>	<b>5,5</b>		54,046
		1,0	34,918			3,0	56,752
<b>39</b>	<b>4,0</b>		34,670			2,0	57,835
		3,0	35,752			1,5	58,376
		2,0	36,835			1,0	58,918
		1,5	37,376	<b>64</b>	<b>6,0</b>		57,505
		1,0	37,918			3,0	60,752
<b>42</b>	<b>4,5</b>		37,129			2,0	61,835
		3,0	38,752			1,5	62,376
		2,0	39,835			1,0	62,918
		1,5	40,376				

ГОСТ 8724-2002 для каждого диаметра метрической резьбы предусматривает один **крупный** шаг и несколько **мелких**. Резьбы с мелким шагом применяются в тонкостенных соединениях для увеличения их герметичности, для осуществления регулировки в приборах точной механики и оптики, с целью увеличения сопротивляемости деталей самоотвинчиванию. Например, для резьбы М16 крупный шаг равен 2 мм, а мелкий шаг может быть равен 1,5; 1,0; 0,75; 0,5 мм (табл. 3). Поэтому в обозначении метрической резьбы крупный шаг не указывается, а мелкий шаг указывается обязательно.

**Классы точности и поля допусков** метрической цилиндрической резьбы для соединений с зазором определены стандартом (ГОСТ 16093-2004).

Поле допуска резьбы, устанавливающее величину зазоров между наружной резьбой и внутренней резьбой, образуется сочетанием поля допуска среднего диаметра  $Td_2$  с полем допуска диаметра выступов  $Td$  для болтов или  $TD_1$  для гаек (рис. 9). Допуски диаметров  $d_1$  и  $D$  не устанавливаются.

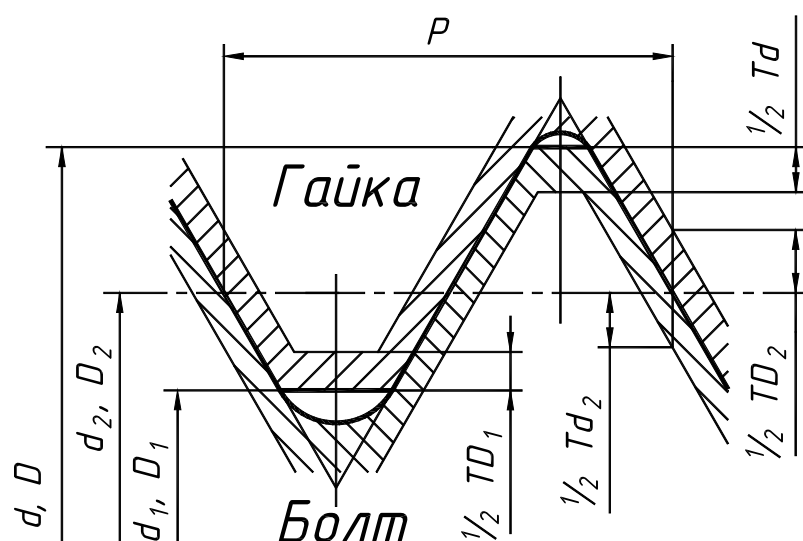


Рис. 9. Поля допусков резьбы

Поле допуска зависит также от длин свинчивания, которые подразделяются на три группы: короткие  $S$ , нормальные  $N$  и длинные  $L$ .

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, обозначающей

степень точности, и буквы латинского алфавита (строчной для наружной резьбы и прописной для внутренней), обозначающей основное отклонение.

Например: **6g**, **6H**. Обозначение поля допуска резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска диаметра выступов (**d** или **D<sub>1</sub>**). Например: **4H5H**, где **4H** – поле допуска диаметра  $D_2$ , **5H** – поле допуска диаметра  $D_1$ .

Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, то оно в обозначении поля допуска резьбы не повторяется. Например: **6g**, **5H**.

В условном обозначении резьбы обозначение поля допуска должно следовать за обозначением размера резьбы через тире. Нормальная ( $N$ ) длина свинчивания в условном обозначении резьбы не указывается. Поля допусков выбирают в табл. 3.

**Поля допусков метрической цилиндрической резьбы  
для диаметров свыше 1 мм для соединений с зазором. Длина свинчивания  $N$   
(нормальная). ГОСТ 16093-2004**

Класс точности	Поле допуска резьбы						
	наружной: болт, винт, шпилька					внутренней: гайка	
Точный				<u>4g</u>	4h	4H5H	<u>5H</u>
Средний	6d	6e	6f	<u>6g</u>	6h	6G	<u>6H</u>
Грубый				<u>8g</u>	8h	7G	<u>7H</u>

## Примеры обозначения резьбы

наружной *M12-8q*.

внутренней *M12-7H*;

наружной  $M12 \times 1,25-8g$ .

внутренней  $M12 \times 1,25-7H$ .

наружной *M12 LH-8q*,

внутренней *M12 LH-7H.*

Например: *M12-7H/8q*; *M12x1,25-6H/6q*; *M12x1,25 LH-7H/8q*.

## 1.6. Прочие крепежные резьбы

### 1.6.1. Резьба метрическая коническая

**Основной плоскостью** резьбы называется плоскость, в которой средний диаметр имеет номинальное значение.

Размеры элементов профиля конической и свинчиваемой с конической цилиндрической резьбы, приведены в ГОСТ 9150-2002.

Метрическая коническая резьба обозначается на полке линии-выноски буквами *МК*, например: *МК30×2*. Левая резьба: *МК30×2ЛН*.

В обозначении внутренней цилиндрической резьбы, свинчивающейся с конической, приводят номер стандарта конической резьбы, например,

***М30×2 ГОСТ 25229-82.***

Обозначение конического резьбового соединения соответствует принятому обозначению для конической резьбы, например,

***МК30×2.***

В обозначении резьбового соединения внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической, входит дробь ***М/МК***, например,

***М/МК30×2 ГОСТ 25229-82.***

В случае если профиль внутренней цилиндрической резьбы не имеет плоско срезанной впадины, то в обозначении соединения ссылку на стандарт не приводят, например, ***М/МК30×2.***

### **1.6.2. Резьба трубная цилиндрическая**

Резьба треугольного профиля с углом  $55^\circ$  при вершине называется **трубной**. Трубная резьба бывает цилиндрической и конической.

ГОСТ 6357-81 устанавливает профиль, основные размеры и допуски трубной цилиндрической резьбы. Резьбу трубную цилиндрическую (ГОСТ 6357-2002) применяют на водо-газопроводных трубах, деталях для их соединения (муфтах, угольниках, крестовинах и т. д.), трубопроводной арматуре (задвижках, клапанах) и т. д.

Профиль трубной резьбы (табл. 4), общий для наружной и внутренней резьб, имеет скругления вершин и впадин. Это делает резьбу более герметичной, чем метрическая.

Эту резьбу применяют в цилиндрических резьбовых соединениях и в соединениях внутренней цилиндрической с наружной конической резьбой с профилем по ГОСТ 6211-81.

Допуски диаметров впадин  $d_1$  и  $D$  не устанавливаются. Допуски среднего диаметра резьбы устанавливаются двух классов точности: ***A*** и ***B***. Длины свинчивания делятся на нормальные (***N***) и длинные (***L***).

Условное обозначение резьбы состоит из буквы ***G***, обозначения размера резьбы и класса точности среднего диаметра.

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква ***G***, размер резьбы в дюймах (без знака  $<''>$ ), класс точности среднего диаметра резьбы – ***A*** или ***B*** (менее точный) и длина свинчивания, если она превосходит нормальную, установленную стандартом. Примеры:

***G1/2-A;      G1/2 LH-A;      G3/8-B-20;      G3/8 LH-B-40,***

где числа ***20*** и ***40*** – длины свинчивания в мм.

### 1.6.3. Резьба трубная коническая

Резьбу трубную коническую ГОСТ 6211-81 применяют в соединениях труб при больших давлениях и температуре, когда требуется повышенная герметичность соединения, например, в горловинах газовых баллонов. Угол профиля –  $55^\circ$ , конусность – 1:16 (табл. 4). Так как у конической резьбы диаметр непрерывно изменяется, то ее размер относят к сечению в основной плоскости (примерно посередине длины наружной резьбы). В этом сечении диаметр конической резьбы равен диаметру трубной цилиндрической резьбы. Положение основной плоскости указывается на рабочем чертеже (берется из стандарта). Наружная резьба обозначается буквой *R*, например:  $R'/_2$ ; внутренняя – *Rc*, например:

$Rc'/_2$  (рис. 10, *и, к*);  
левые –  $R'/_2 LH$  и  $Rc'/_2 LH$  соответственно.

Совпадение в основной плоскости размеров трубной конической резьбы с размерами трубной цилиндрической позволяет соединять внутреннюю трубную цилиндрическую с наружной трубной конической. Пример обозначения такого соединения:

$G/R'/_2 - A$  или  $G/R'/_2 LH - A$ .

### 1.6.4. Резьба коническая дюймовая

Резьбу коническую дюймовую (угол профиля –  $60^\circ$ , конусность – 1:16) ГОСТ 6111-52 (табл. 4) применяют в соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков при невысоких давлениях. Обозначение конической дюймовой резьбы наносится на полке линии-выноски, как у трубных резьб. Например:

$K3/4''$  ГОСТ 6111-52.

### 1.6.5. Резьба круглая

ГОСТ 13536-68 определяет профиль, основные размеры и допуски круглой резьбы. Эту резьбу применяют для шпинделей вентилях смесителей и туалетных кранов ГОСТ 19681-94 и водопроводных кранов. Предусмотрен только один диаметр  $d=7$  мм и шаг  $P=2,54$  мм. Пример обозначения:

$Kp. 7 \times 2,54$  ГОСТ 13536-68.

Аналогичный профиль имеет резьба круглая (но для диаметров 8...200 мм) по СТ СЭВ 3293-81, введенному в действие непосредственно в качестве Государственного стандарта. Резьба применяется для крюков подъемных кранов, а также в условиях воздействия агрессивной среды. Примеры обозначения: 1) резьба круглая с наружным диаметром 16 мм:

$Rd16$ ;

2) резьба круглая с наружным диаметром 16 мм левая:

$Rd16 LH$ .

## 1.7. Ходовые резьбы

### 1.7.1. Резьба трапецеидальная

Трапецеидальная резьба предназначена главным образом для передачи возвратно-поступательного движения и осевых усилий. Резьба бывает однозаходной и многозаходной, а также правой и левой.

ГОСТ 9484-81 устанавливает профиль трапецеидальной резьбы. ГОСТ 24738-81 устанавливает диаметры (от 8 до 640 мм) и шаги однозаходной трапецеидальной резьбы. ГОСТ 24737-81 устанавливает основные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы. ГОСТ 9562-81 распространяется на допуски трапецеидальной однозаходной резьбы. ГОСТ 24739-81 устанавливает основные размеры, ходы и допуски многозаходной трапецеидальной резьбы.

Профиль резьбы имеет форму равнобокой трапеции с углом между боковыми сторонами, равным  $30^\circ$ . Условное обозначение трапецеидальной однозаходной резьбы состоит из букв *Tr*, значения номинального диаметра резьбы, шага и поля допуска. Для обозначения левой резьбы служат буквы *LH*. Примеры обозначения:

1) трапецеидальная однозаходная наружная резьба диаметром 40 мм с шагом 6 мм:

*Tr40×6–7e*;

2) то же для внутренней резьбы:

*Tr40×6–7H*.

При необходимости указывают длину свинчивания *L* в миллиметрах (после обозначения поля допуска резьбы):

*Tr40×6–8e–85*;    *Tr40×6LH–8e–85*.

Условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы состоит из букв *Tr*, значения номинального диаметра резьбы, числового значения хода и в скобках буквы *P* и числового значения шага. Поле допуска и длину свинчивания обозначают так же, как для однозаходной резьбы. Примеры обозначения:

1) трапецеидальная многозаходная наружная резьба диаметром 20 мм с ходом 8 мм и шагом 4 мм:

*Tr20×8(P4)–8e*;

2) то же для внутренней резьбы:

*Tr20×8(P4)–8H*,

3) то же для наружной резьбы при длине свинчивания *L*=110 мм:

*Tr20×8(P4)–8e–110*.

4) то же для левой резьбы:

*Tr20×8(P4)LH–8e–110*.

### 1.7.2. Резьба упорная

ГОСТ 10177-82 устанавливает профиль и основные размеры упорной резьбы. Эту резьбу применяют главным образом тогда, когда винт должен передавать нагрузку в одном направлении (например, в домкратах). В стандарте приведены характеристики упорной резьбы диаметром от 10 до 640 мм с шагом от 2 до 24 мм. Профиль резьбы – неравнобокая трапеция, одна из сторон которой наклонена к вертикали под углом  $3^\circ$ , а другая – под углом  $30^\circ$ . Условное обозначение упорной однозаходной резьбы состоит из буквы *S*, значений номинального диаметра, шага и поля допуска. Для левой резьбы обозначение дополняется буквами *LH*. Примеры обозначения однозаходной резьбы:

1) наружная упорная резьба диаметром 80 мм с шагом 10 мм и полем допуска *7h*:  
 $S80 \times 10 - 7h$ ;

2) то же для левой резьбы:

$S80 \times 10 LH - 7h$ ;

3) внутренняя упорная резьба диаметром 80 мм с шагом 10 мм и полем допуска *7AZ*:

$S80 \times 10 - 7AZ$ .

Длину свинчивания *L*, если необходимо, указывают в миллиметрах после обозначения поля допуска:

$S80 \times 10 - 7h - 70$ .

В условное обозначение многозаходной резьбы входит буква *S*, номинальный диаметр, ход и в скобках буква *P* и значение шага. Примеры обозначения:

1) двухзаходная резьба с шагом 10 мм и значением хода 20 мм:

$S80 \times 20 (P10)$ ;

2) то же для левой резьбы:

$S80 \times 20 (P10) LH$ .

### 1.7.3. Резьба прямоугольная

Прямоугольная резьба не стандартизована. Прямоугольную резьбу применяют для передачи осевых сил в грузовых винтах и движения в ходовых винтах, так как она имеет высокий КПД.

Основными недостатками резьбы являются трудность устранения осевого биения в соединениях и меньшая прочность по сравнению с трапецидальной и упорной резьбой. На чертежах прямоугольная резьба задается всеми конструктивными размерами: наружным и внутренним диаметрами, шагом, шириной зуба. Квадратная резьба является частным случаем прямоугольной. В обозначении резьбы указывают словами ее вид, заходность (если она не однозаходная) и направление (если она левая).

## 1.8. Изображение и обозначение резьбы на чертежах

ГОСТ 2.311-68 [4] устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

**Наружная резьба** на стержне изображается сплошными толстыми линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру. На изображении, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси резьбы, сплошные тонкие линии проводятся на всю длину резьбы без сбега (начинаются от линии, обозначающей границу резьбы, и пересекают линию границы фаски, рис. 10 а, д).

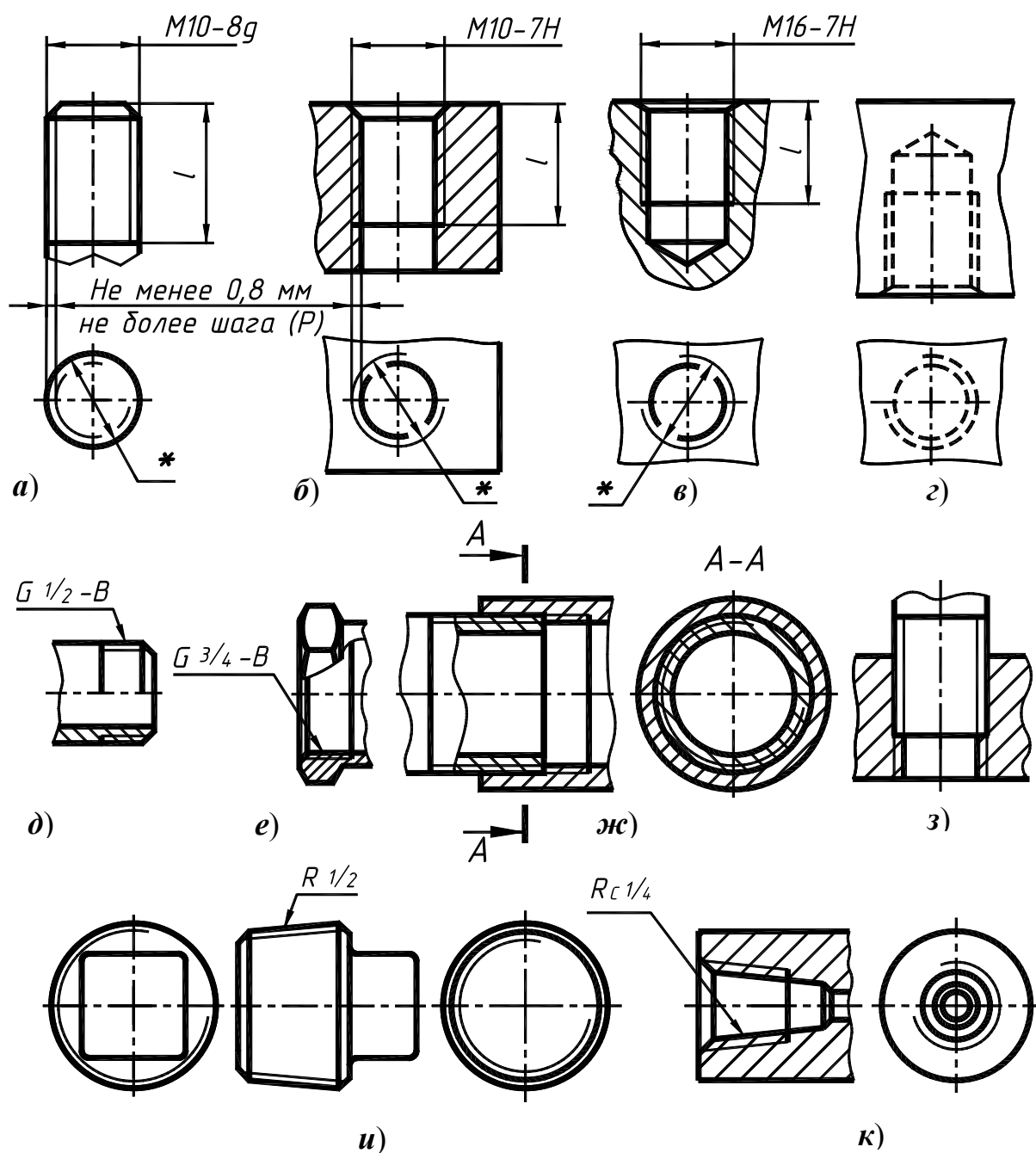


Рис. 10 Изображение резьбы

На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой линией, а по внутреннему диаметру резьбы проводится тонкой сплошной линией дуга, приблизительно равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается (рис. 10 *а, и*).

**Внутренняя резьба** на продольном разрезе изображается сплошными толстыми линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру резьбы, проводимыми на всю длину резьбы (от линии, обозначающей границу резьбы, и до линий, изображающих фаску). На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой линией, а по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией дуга, приблизительно равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается (рис. 10, *б, в, к*). Расстояние между сплошными толстой и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы (рис. 10, *а, б*), должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы. Дуга, равная  $3/4$  окружности, не должна начинаться и кончаться точно у осевой линии.

Внутренняя резьба, показываемая как невидимая, изображается штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметрам (рис. 10, *г*).

Линия, изображающая границу резьбы, наносится в том месте, где кончается резьба полного профиля и начинается сбег резьбы.

Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной толстой основной (рис. 10, *а, б, в, д, е, ж*), или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (рис. 10, *г*).

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т. е. в обоих случаях до сплошной толстой основной линии (рис. 10 *б, в, д, е, ж, к*).

Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбega (рис. 10, *а, б, в*).

В необходимых случаях допускается включать сбег в длину резьбы, а также указывать отдельно величину сбega.

Конец глухого резьбового отверстия изображается так, как показано на рис. 10, *в*. Глухое резьбовое отверстие называется **гнездом**. Гнездо заканчивается конусом с углом  $120^\circ$  при вершине, который остается от сверла. На чертеже размер этого угла не проставляется.

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 10 *а, б*).

Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на рис. 11, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями.

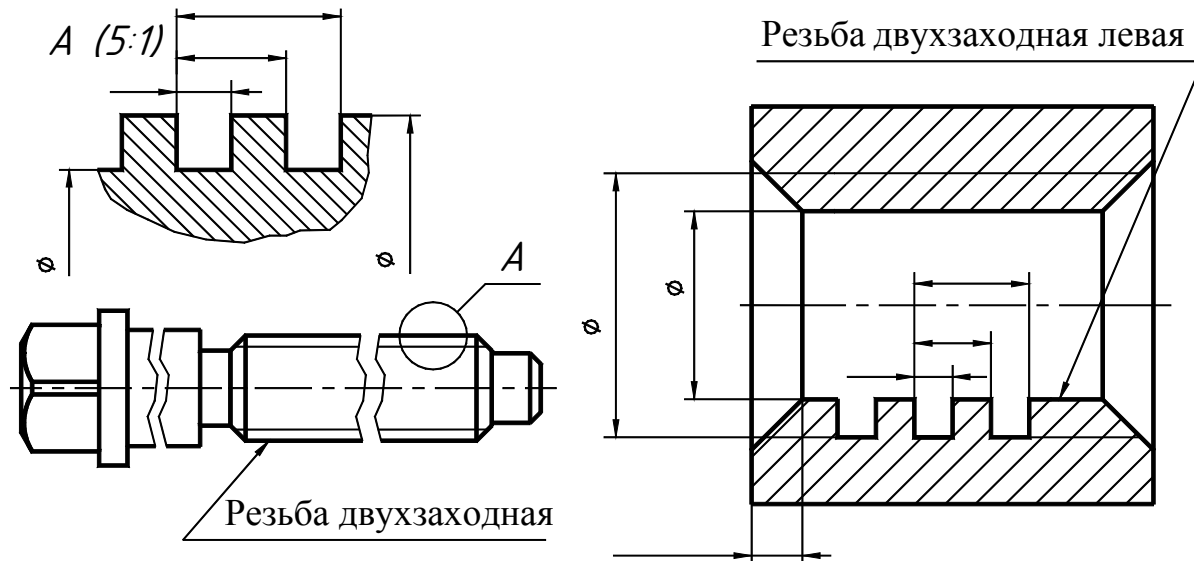


Рис. 11. Изображение нестандартной резьбы

Кроме размеров и предельных отклонений резьбы, на чертежах указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т. п. с добавлением слова <резьба>.

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 10 ж, з).

Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на рис. 10 а, б, в.

Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на рис. 10 д, е, и, к.

На рис. 10 знаком<\*> отмечены места возможного нанесения обозначения резьбы, кроме указанных. Примеры обозначений некоторых типов резьб приведены в табл. 4.

Если на стержне или в отверстии нарезана левая резьба, то к обозначению резьбы на чертеже добавляются буквы LH, например:

*M16LH-6g,*

*M16×1,5LH-6g,*

*G<sup>3</sup>/<sub>4</sub> LH-B.*

Следует обратить внимание на условность обозначения трубной цилиндрической резьбы. Если для метрических и других резьб число, стоящее после условного обозначения типа резьбы (*M*, *Tr*, *S*), соответствует наружному диаметру резьбы в мм, то в трубной резьбе число, стоящее в обозначении резьбы после буквы G, соответствует размеру внутреннего диаметра трубы, на которой нарезается данная резьба, в дюймах.

Внутренний диаметр трубы называется **условным проходом** и обозначается  $D_y$ . Например, если резьба имеет обозначение **G1**, то это означает, что она нарезана на трубе, имеющей условный проход, равный примерно 1" ( $\approx 25$  мм), наружный диаметр 33,5, а наружный диаметр резьбы в соответствии с ГОСТ 6357-81 равен 33,249 мм. Во всех технических расчетах один дюйм принимается равным 25,4 мм.

Рассмотрим приемы замера резьбы, которые обычно вызывают затруднения. Для определения типа и шага резьбы пользуются резьбомерами и стандартами резьб.

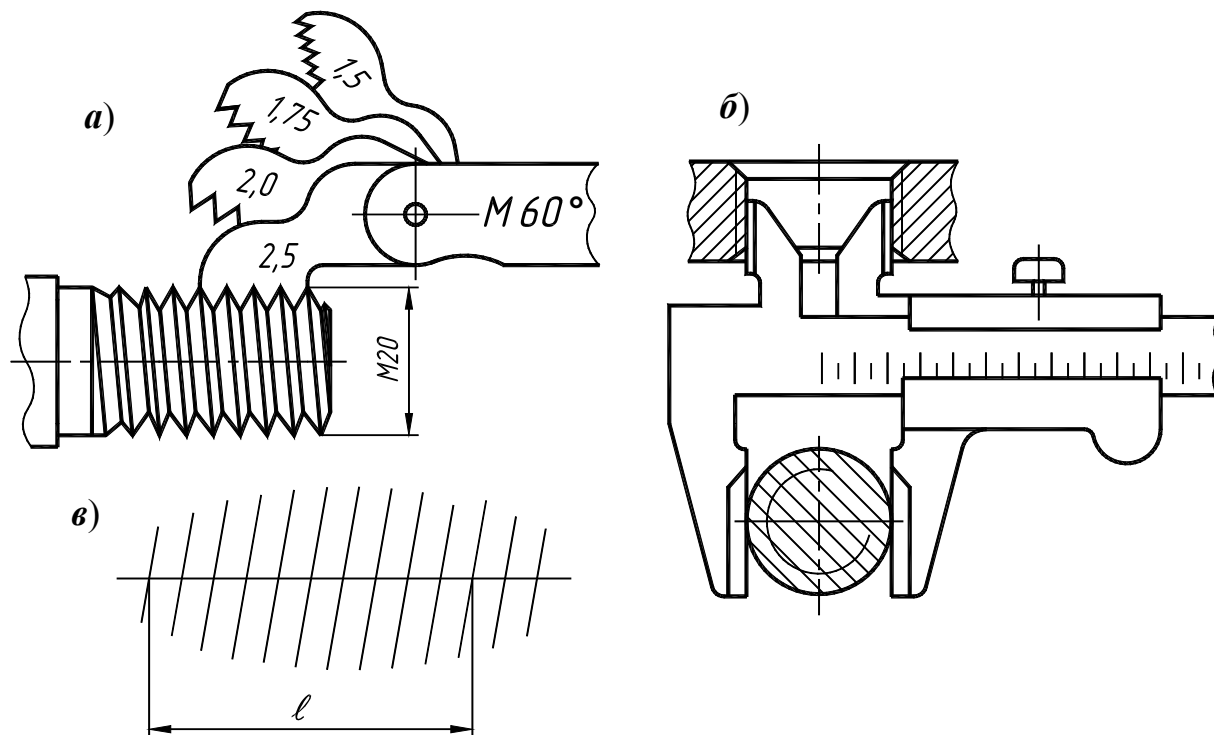


Рис. 12. Измерение параметров резьбы

Существует два вида резьбомеров: с клеймом **M60°** – для метрических резьб с углом профиля 60° и с клеймом **Д55°** – для дюймовой и трубной резьб с углом профиля 55°. На каждой гребенке резьбомера для метрических резьб выбита цифра, указывающая шаг резьбы в мм, для дюймовых и трубных резьб – число шагов на длине 25,4 мм (1" = 25,4 мм).

Подбором гребенки к резьбе (рис. 12, а) определяется шаг метрической резьбы или число шагов на один дюйм дюймовой или трубной резьб. Затем штангенциркулем измеряется наружный (внутренний) диаметр резьбы (рис. 12, б). Полученные результаты сверяются по таблице соответствующего стандарта (например, табл. 2), и устанавливаются окончательные параметры резьбы.

При отсутствии резьбомера шаг резьбы или число шагов на один дюйм можно определить при помощи оттиска на бумаге. Для этого следует на край стола положить лист писчей бумаги, приложить к нему резьбовую часть детали и нажатием руки получить оттиск нескольких витков (рис. 12, в). На оттиске измеряется расстояние  $\ell$  между крайними отчетливо видимыми рисками и подсчитывается число  $n$  шагов на длине  $\ell$  ( $n$  на единицу меньше числа рисок). Величина шага определяется по формуле

$$P = \ell / n.$$

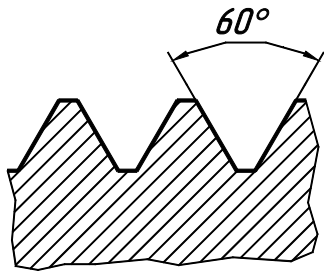
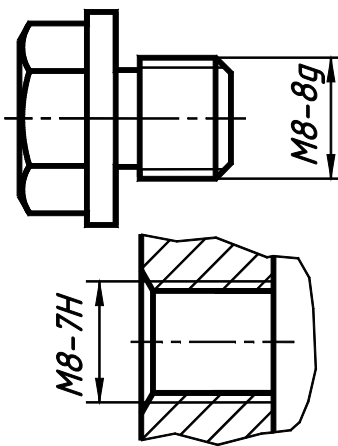
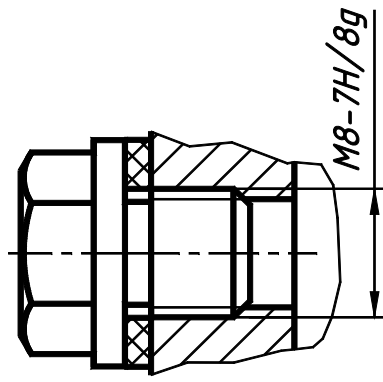
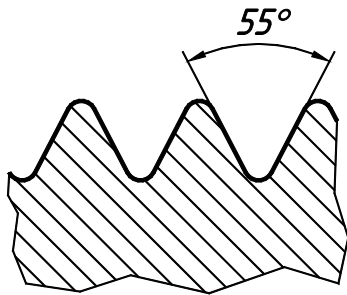
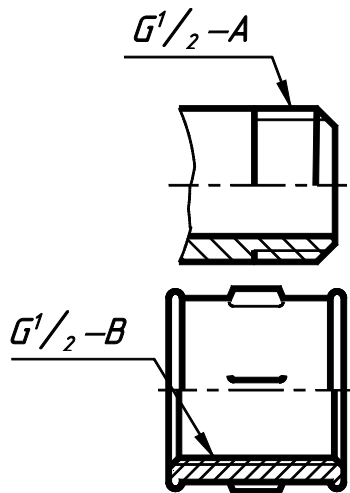
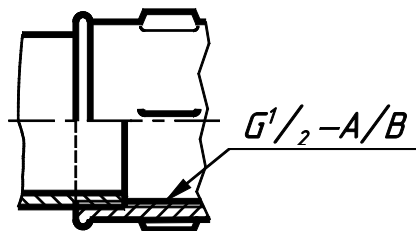
Число шагов на один дюйм находим по формуле:

$$X = 25,4n / \ell, \quad \text{если} \quad \ell = 25,4, \quad \text{то} \quad X = n.$$

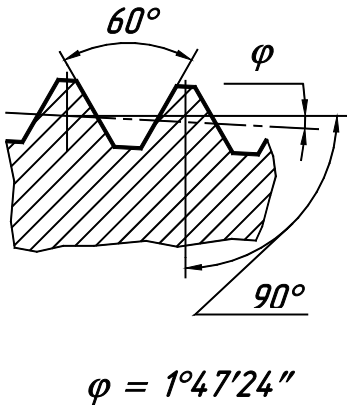
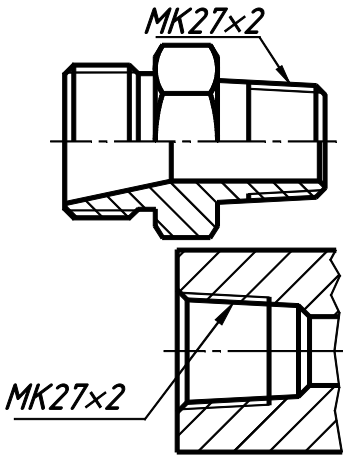
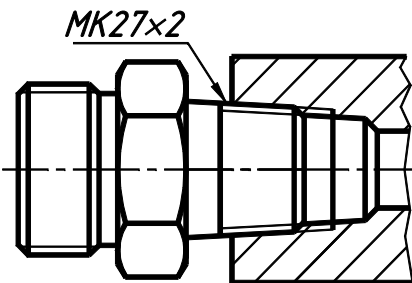
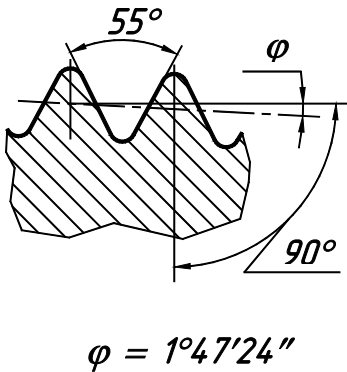
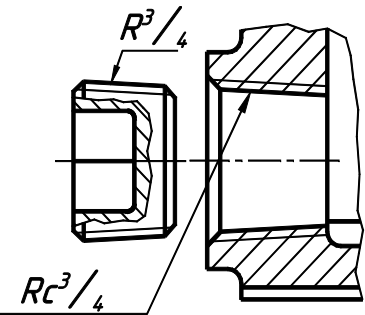
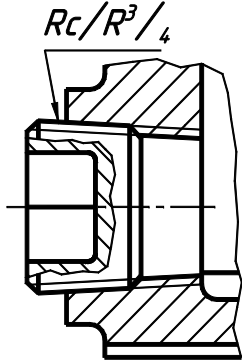
Для определения шага резьбы или числа шагов на один дюйм в резьбовом отверстии бумагу наворачивают на металлический или деревянный цилиндрический стержень и нажатием руки на стержень получают оттиск нескольких витков. Дальнейший просчет производится так, как указано выше. Угол профиля резьбы можно определить при помощи шаблона, вырезанного из плотной бумаги. Удобнее всего измерять резьбу в отверстии по той детали, которая ввинчивается в него и, следовательно, имеет ту же резьбу.

Таблица 4

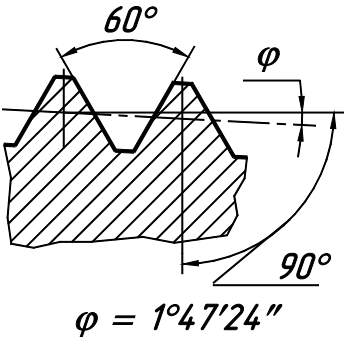
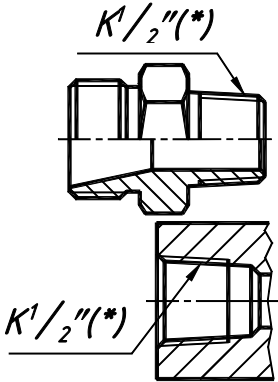
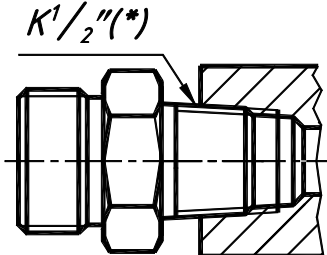
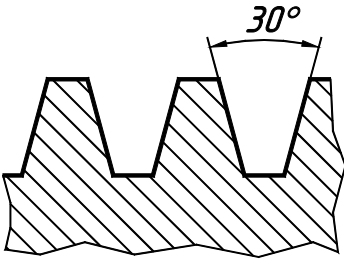
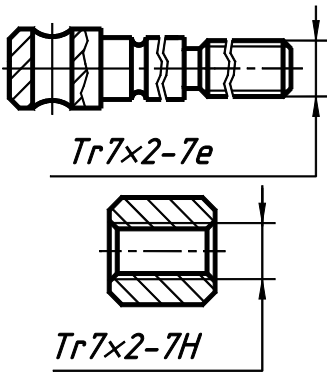
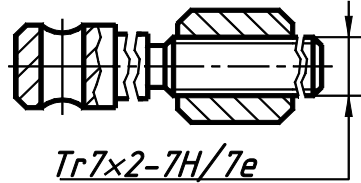
Резьба. Изображение и обозначение

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Метрическая				Профиль ГОСТ 9150-2002  Основные размеры ГОСТ 24705-2004  Диаметр и шаги ГОСТ 8724-2002
Трубная цилиндрическая				ГОСТ 6357-81

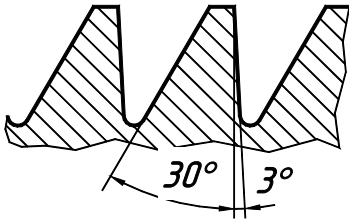
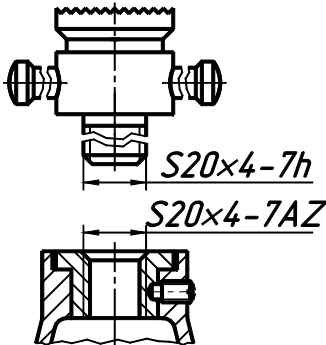
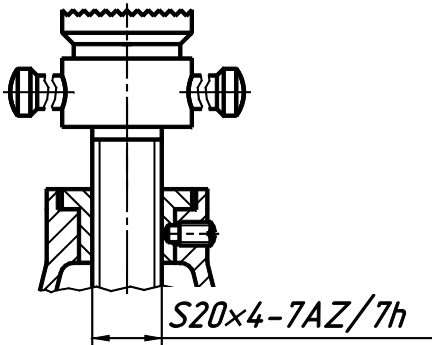
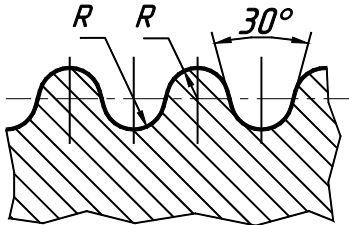
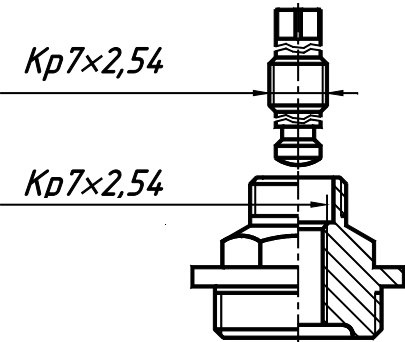
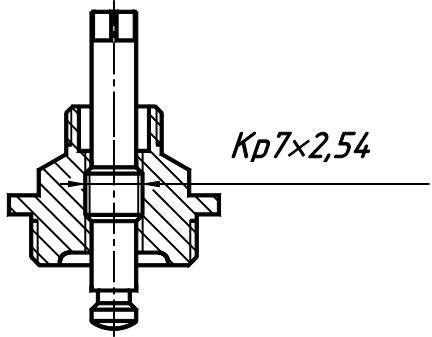
Продолжение табл. 4

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Метрическая коническая	 <p><math>\varphi = 1^{\circ}47'24''</math></p>	 <p><math>MK27 \times 2</math></p>	 <p><math>MK27 \times 2</math></p>	Профиль, диаметры, шаги, основные размеры и допуски ГОСТ 25229-82
Трубная коническая	 <p><math>\varphi = 1^{\circ}47'24''</math></p>	 <p><math>R^3/4</math></p> <p><math>Rc^3/4</math></p>	 <p><math>Rc/R^3/4</math></p>	ГОСТ 6211-81

Продолжение табл. 4

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Коническая дюймовая			 <p>(*) ГОСТ 6111-52</p>	ГОСТ 6111-52
Трапецеидальная				<p>Профиль ГОСТ 9484-81 Диаметр и шаги однозаходной резьбы ГОСТ 24738-81 многозаходной – ГОСТ 24739-81</p>

Окончание табл. 4

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Упорная				Профиль и основные размеры ГОСТ10177-82
Круглая				ГОСТ13536-68

## 2. КРЕПЕЖНЫЕ РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К крепежным резьбовым изделиям относятся болты, шпильки, гайки, винты и фитинги [2, 5]. С их помощью осуществляются неподвижные разъемные соединения деталей машин и механизмов.

Фитинги: угольники, тройники, муфты прямые и переходные и т. п., являются соединительными резьбовыми частями для водо- и газопроводных труб. Основным параметром для этих соединительных деталей является условный проход  $D_y$ , приблизительно равный внутреннему диаметру соединяемых труб.

На крепежных резьбовых изделиях (кроме фитингов) нарезается метрическая резьба с крупными и мелкими шагами ГОСТ8724-2002; допуски резьбы – ГОСТ 16093-2004. На фитингах и трубах нарезается трубная цилиндрическая резьба ГОСТ 6357-81. Для этой резьбы установлены два класса точности среднего диаметра – *A* (более точный) и *B*.

При выполнении эскиза или чертежа крепежного резьбового изделия с натуры, все необходимые размеры определяются непосредственным измерением, после чего уточняются по таблицам соответствующего стандарта. Расположение размеров на эскизе (чертеже) крепежной детали должно соответствовать расположению их в стандарте. Конструктивные размеры болтов, шпилек, гаек, винтов и фитингов, необходимые для вычерчивания их в соответствии со стандартами, даны в табл. 5–17.

Фаски, имеющиеся на концах болтов, шпилек, винтов и на торцах резьбовых отверстий гаек, гнезд и фитингов, делают для предохранения крайних витков резьбы от повреждений и для удобства завинчивания. Размеры фасок для концов болтов, шпилек, винтов и резьбовых отверстий выбирают в табл. 24.

### 2.1. Болты с шестигранной головкой

Болт представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для гайки на другом (табл. 5). Головки болтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим стандартом. Наибольшее применение в машиностроении имеют болты с шестигранной головкой (нормальной точности) ГОСТ 7798-70. На рис. 13 приведены варианты исполнения стержня и головки болтов:

исполнение *1* – без отверстия в стержне и головке; *2* – с отверстием в стержне под шплинт; *3* – с двумя отверстиями в головке для стопорения проволокой; *4* – с цилиндрическим углублением в головке.

При вычерчивании головки болта и гайки необходимо правильно построить проекции кривых линий, которые имеются на их боковых гранях. Эти кривые являются результатом пересечения граней с поверхностью конической фаски и представляют собой конгруэнтные гиперболы. Проекция этих гипербол являются также гиперболами.

На чертеже (болта, гайки) эти гиперболы заменяются дугами окружностей. Для нахождения центров радиусов  $R$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ , дуг окружностей используют три точки: вершину гиперболы (т.  $A$ ) и концы гиперболы (т.  $B$ ), которые определяются по правилам начертательной геометрии. Нахождение центра  $O$  для радиуса  $R$  дуги окружности на проекции средней грани показано на рис. 14,  $a$ . Определение центров для радиусов  $R_1$ , и  $R_2$ , аналогично.

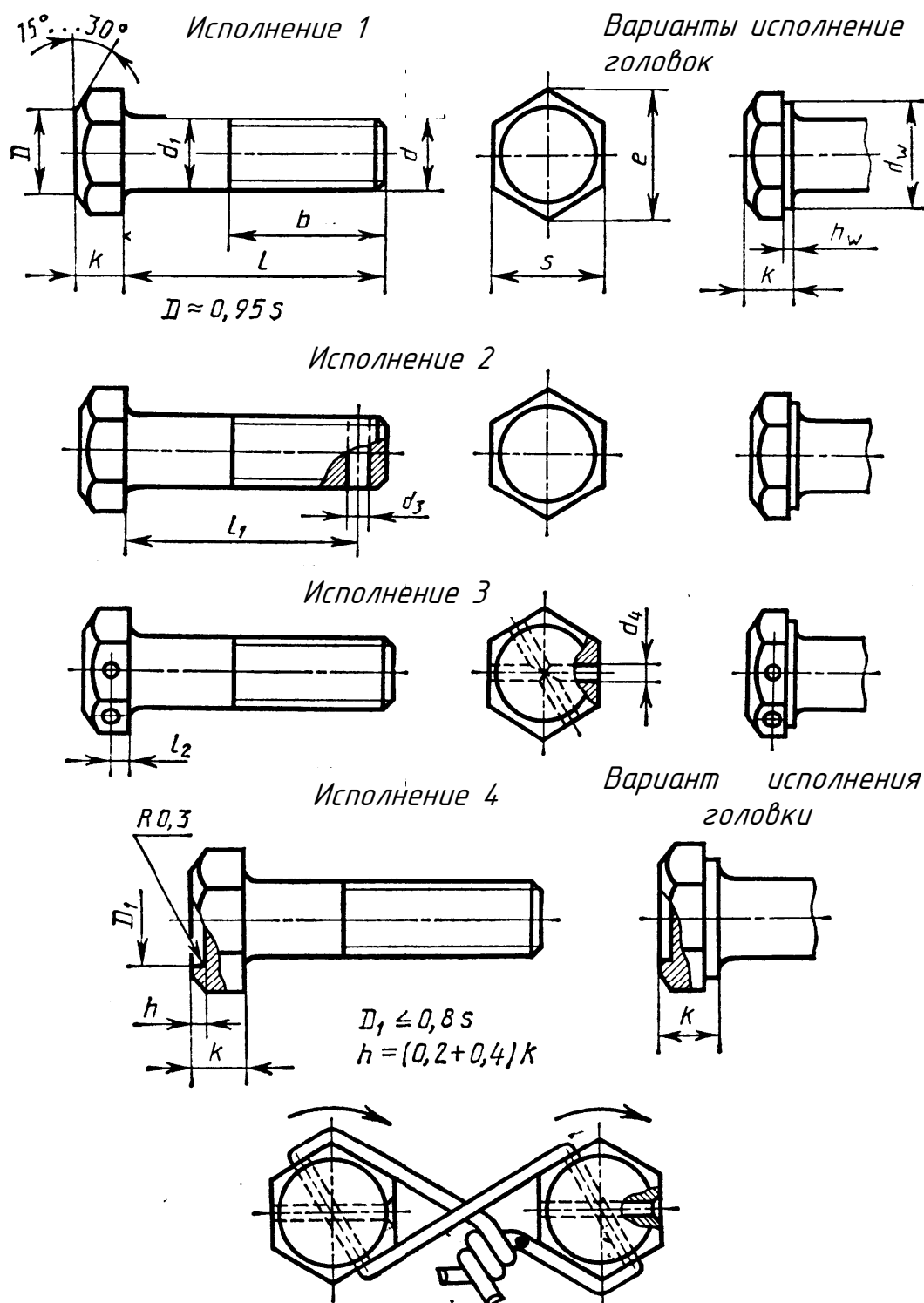


Рис. 13. Исполнения болтов с шестигранной головкой

На сборочных чертежах головки болтов и гайки можно вычерчивать по размерам, которые являются функцией наружного диаметра  $d$  резьбы болта (рис. 14, б). Эти размеры используются только для построения изображений.

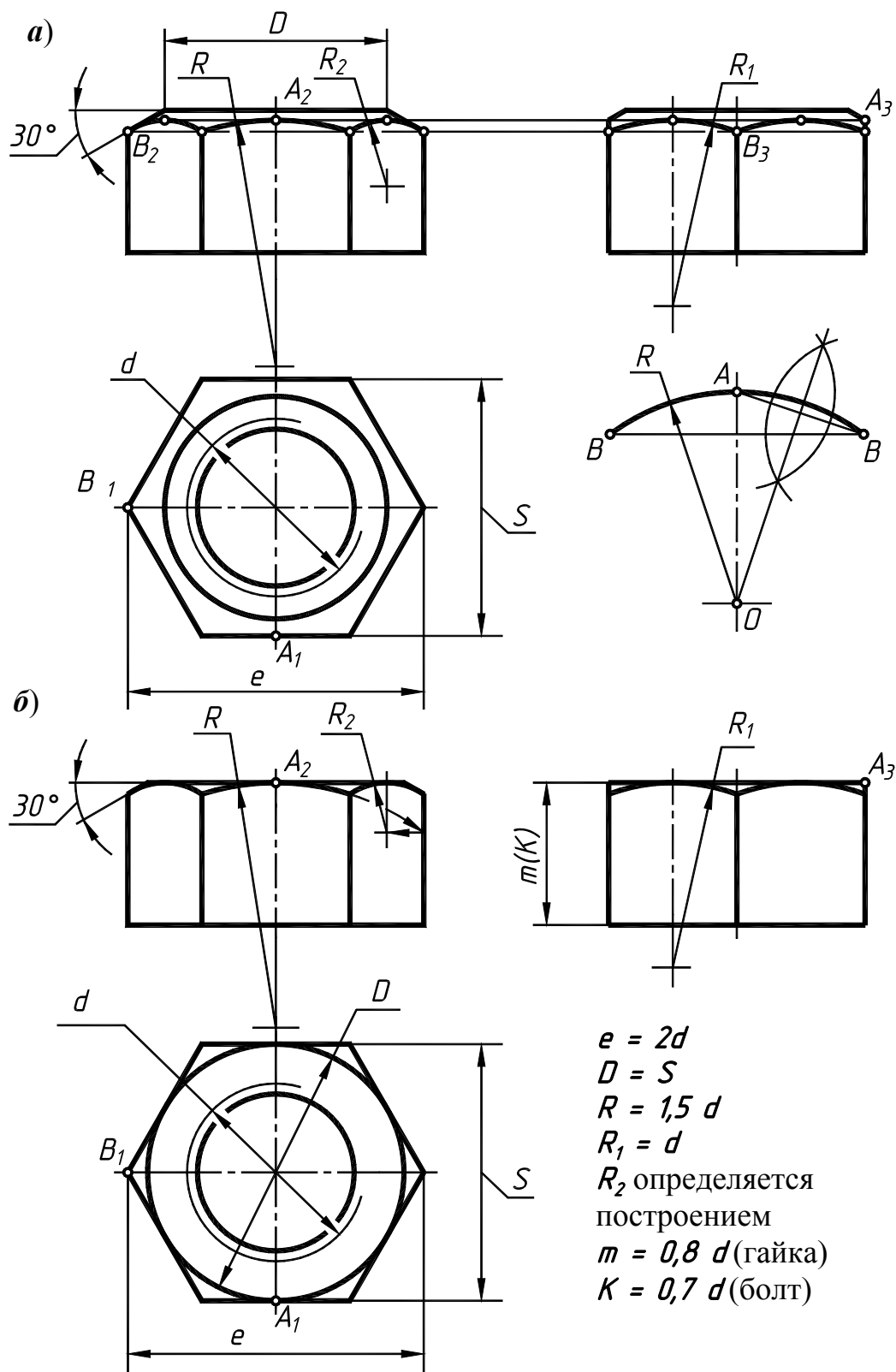
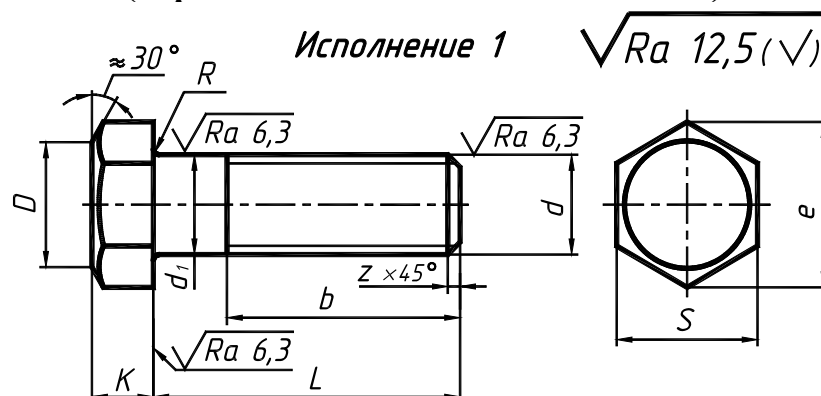


Рис. 14. Изображение головок болтов и гаек:  
а – на чертежах деталей, б – на сборочных чертежах

Таблица 5

**Болты с шестигранной головкой  
(нормальной точности ГОСТ 7798-70)**



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы $P$	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Размер под ключ $S$		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Высота головки $K$		4	5,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	14,0	15,0
Диаметр описанной окружности $e$		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Радиус под головкой $R$		0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
Диаметр фаски $D = (0,9...0,95)S$ ; диаметр стержня $d_1 = d$											
Длина болта $L$ , мм		Длина резьбы $b$ , мм									
25		18	25	25	25	25	25	25	25		
30		18	22	30	30	30	30	30	30	30	30
35		18	22	26	30	35	35	35	35	35	35
40		18	22	26	30	34	40	40	40	40	40
45		18	22	26	30	34	38	45	45	45	45
50		18	22	26	30	34	38	42	50	50	50
55		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
60		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
65		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
70		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
75		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
80		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55

Пример условного обозначения болта с диаметром резьбы  $d = 12$  мм, длиной  $L = 60$  мм, класса прочности  $5.8$ , исполнения  $1$ , с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы  $8g$ , без покрытия:

**Болт М12–8g×60.58 ГОСТ 7798-70.**

То же класса прочности *10.9*, из стали *40X*, исполнения *2*, с мелким шагом резьбы, с полем допуска резьбы *6g*, с покрытием *01*, толщиной *6* мкм:

*Болт 2М12×1,25–6g×60.10.9.40X.016 ГОСТ 7798–70.*

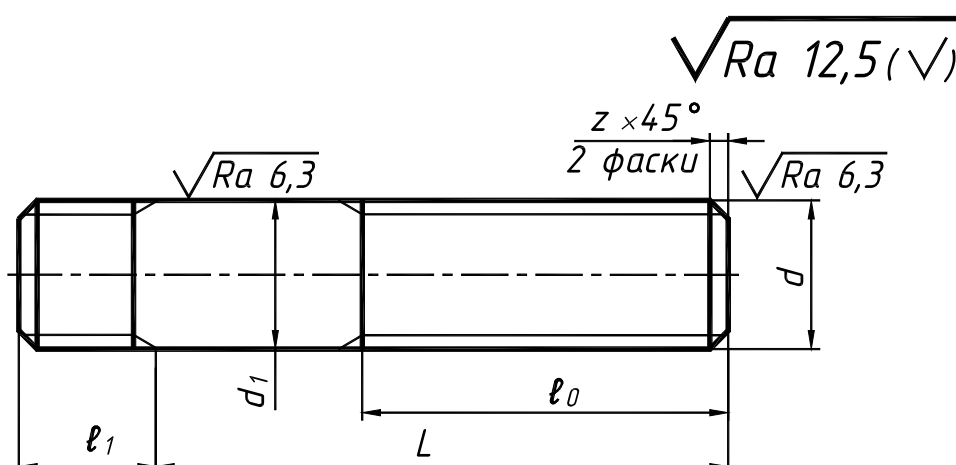
## 2.2. Шпильки общего применения

**Шпилька** представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах (табл. 6). Та часть шпильки, которая ввинчивается в резьбовое отверстие детали, называется ввинчиваемым (посадочным) концом, а часть, на которую надеваются присоединяемые детали, шайба и навинчивается гайка, называется гаечным или стяжным концом. Конструкция и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032-76 ... ГОСТ 22043-76.

Длина  $\ell_1$ , ввинчиваемого конца шпильки зависит от материала, в которую она ввинчивается (табл. 7). Чем менее прочен материал детали, тем больше длина ввинчиваемого конца [1].

Таблица 6

**Шпильки для деталей с резьбовыми отверстиями**  
(нормальной точности ГОСТ 22032-76, 22034-76, 22038-76)



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы $P$	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Длина ввинчиваемого резьбового конца	$\ell_1 = d$ ГОСТ 22032-76	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	$\ell_1 = 1,25d$ ГОСТ 22034-76	7,5	10	12	15	18	20	22	25	28	30
	$\ell_1 = 2d$ ГОСТ 22038-76	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48

Окончание табл. 6

Длина шпильки $L$ , мм	Длина гаечного конца $\ell_0$ , мм									
25	18	21	20	19	18					
30	18	22	25	24	23					
35	18	22	26	29	28	27	26			
40	18	22	26	30	33	32	31	30		
45	18	22	26	30	34	37	36	35	34	33
50	18	22	26	30	34	38	41	40	39	38
55	18	22	26	30	34	38	42	45	44	43
60	18	22	26	30	34	38	42	46	49	48
65	18	22	26	30	34	38	42	46	50	53
70	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54
75	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54
80	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54

*Примечание.* Диаметр стержня равен номинальному диаметру резьбы ( $d_1 = d$ ).

Таблица 7

**Применение шпилек в зависимости  
от материала деталей**

Шпильки нормальной точности ГОСТ	Длина ввинчиваемо- го резьбового конца	Область применения
<i>22032-76</i>	$\ell_f = d$	Для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях и деталях из титановых сплавов
<i>22034-76</i>	$\ell_f = 1,25d$	Для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна
<i>22038-76</i>	$\ell_1 = 2d$	Для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов (алюминия, магния)

Примеры условного обозначения шпильки диаметром резьбы  $d=16$  мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска *6g*, длиной  $L=70$  мм, класса прочности *5.8*, без покрытия:

*Шпилька M16-6g×70.58 ГОСТ 22032-76;*

*Шпилька M16-6g×70.58 ГОСТ 22034-76;*

*Шпилька M16-6g×70.58 ГОСТ 22038-76.*

То же с мелким шагом резьбы  $P=1,5$  мм, класса прочности *10.9*, из стали *40X*, с покрытием *02*, толщиной *6* мкм:

*Шпилька M16×1,5-6g×70.109.40X.026 ГОСТ 22032-76;*

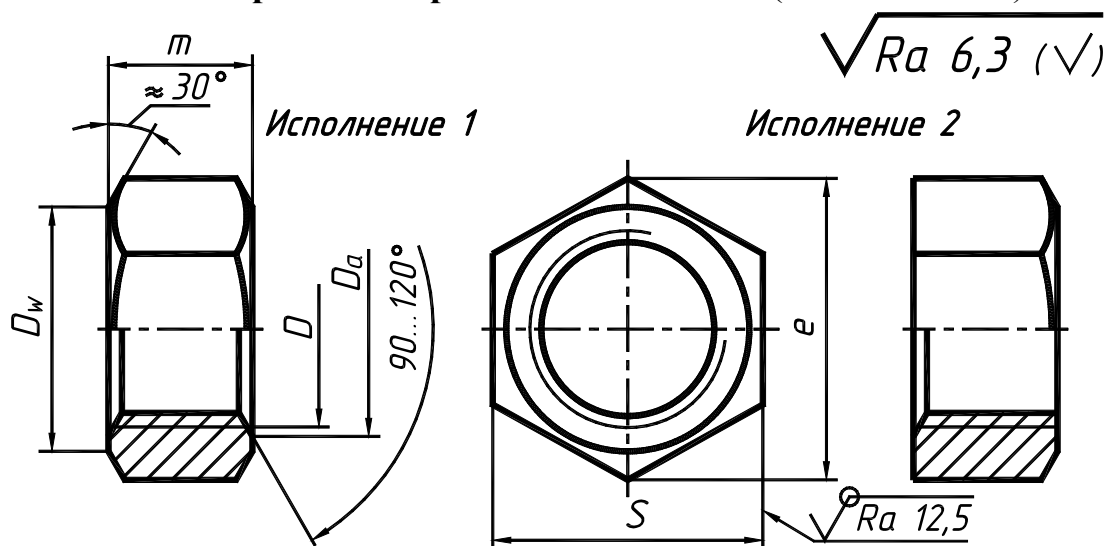
*Шпилька M16×1,5-6g×70.109.40X.026 ГОСТ 22034-76;*

*Шпилька M16×1,5-6g×70.109.40X.026 ГОСТ 22038-76;*

## 2.3. Гайки шестигранные

**Гайка** представляет собой призму или цилиндр со сквозным (иногда глухим) резьбовым отверстием для навинчивания на болт или шпильку (табл. 8). По своей форме гайки бывают шестигранные, квадратные, круглые, гайки-барашки и др. Шестигранные гайки подразделяются на обыкновенные, прорезные и корончатые; нормальные, низкие, высокие и особо высокие; с одной и двумя фасками. Наибольшее применение в машиностроении имеют обыкновенные шестигранные гайки нормальной точности (ГОСТ 5915-70).

**Таблица 8**  
**Гайки шестигранные нормальной точности (ГОСТ 5915-70)**



Номинальный диаметр резьбы $D$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы $P$	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Размер под ключ $S$		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Диаметр описанной окружности $e$		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Высота $m$		5	6,5	8,0	10,0	11,0	13,0	15,0	16,0	18,0	19,0
Диаметр фаски $D_{w\min}$		9	11,7	15,5	17,2	20,1	22,0	24,8	27,7	29,5	33,2
Диаметр фаски $D_{a\min}$		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Диаметр фаски $D_{a\max}$		6,75	8,75	10,8	13,0	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9

Пример условного обозначения гайки с диаметром резьбы  $d=2$  мм, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 7H, класса прочности 5, без покрытия: *Гайка M12–7H 5 ГОСТ 5915-70*.

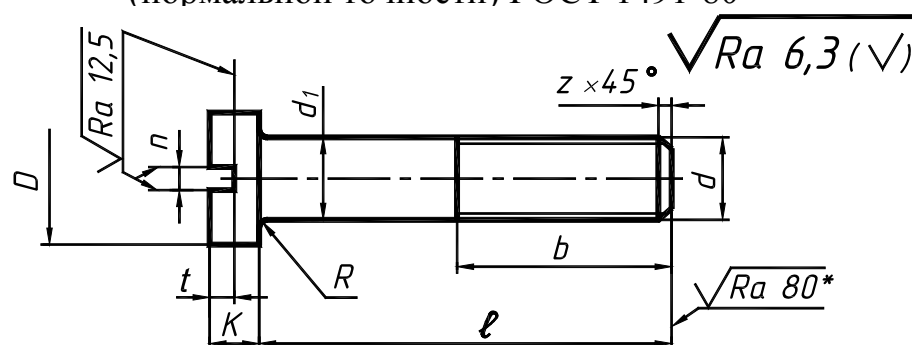
То же класса прочности **12**, из стали **40X**, исполнения **2**, с мелким шагом резьбы **P=1,25**, с полем допуска **6H**, с покрытием **01**, толщиной **6** мкм,  
**Гайка 2M12×1,25–6H.12.40X.016 ГОСТ 5915–70.**

## 2.4. Крепежные винты

**Винт** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей на другом (табл. 9–13). Винты, применяемые для неподвижного соединения деталей, называются крепежными, для фиксирования относительного положения деталей – установочными. Головки винтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим стандартом. Наибольшее применение имеют следующие типы крепежных винтов: с потайной головкой, ГОСТ 17475-80; с полупотайной головкой, ГОСТ 17474-80; с полукруглой головкой, ГОСТ 17473-80; с цилиндрической головкой, ГОСТ 1491-80; винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ, ГОСТ Р ИСО 12474-2012. Предусмотрено два класса точности **A** и **B**. Класс точности в обозначении винтов указывают, так как упомянутые стандарты содержат данные на винты обоих классов.

**Таблица 9**

**Винты с цилиндрической головкой класса точности B**  
(нормальной точности) ГОСТ 1491-80



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Высота головки $K$		2,6	3,3	3,9	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	1,2	1,5	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0
	не более	1,6	2,0	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6
Радиус под головкой $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

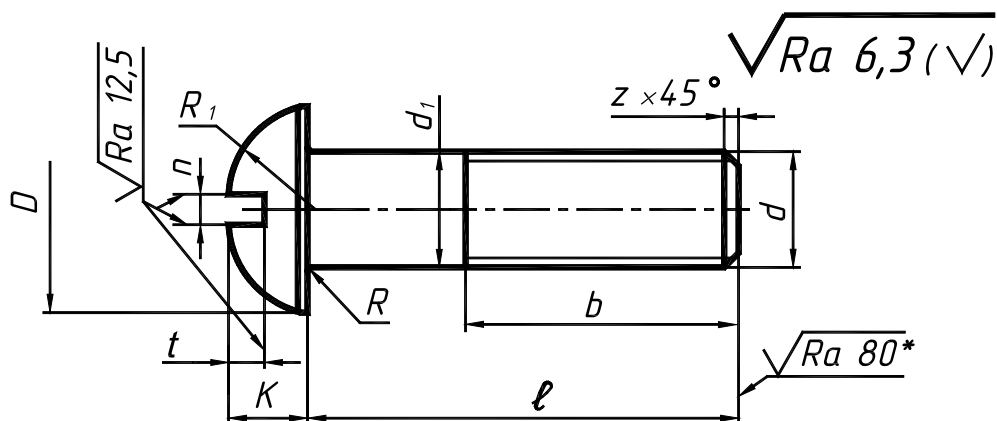
**Примечания:** 1. Диаметр стержня  $d_1 = d$ . 2. Длины  $l$  и  $b$  см. в табл. 14.

3. \* Для винтов, обработанных резанием, в остальных случаях не нормируют.

Пример условного обозначения винта класса точности *A*, диаметром резьбы  $d=8$  мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы *6g*, длиной  $\ell=50$  мм, класса прочности *4.8*, без покрытия с цилиндрической головкой:  
**Винт A.M8-6g×50.48 ГОСТ 1491-80.**

Таблица 10

**Винты с полукруглой головкой класса точности B**  
(нормальной точности) ГОСТ 17473-80



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7,0	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Высота головки $K$		2,8	3,5	4,2	5,6	7,0	8,0	9,5	11,0
Радиус сферы $R_1$		3,6	4,4	5,1	6,6	8,1	9,1	10,6	12,1
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	1,6	2,1	2,3	3,26	3,76	3,96	4,26	4,76
	не более	2,0	2,5	2,7	3,74	4,24	4,44	4,74	5,24
Радиус под головкой $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

**Примечания:** 1. Диаметр стержня  $d_1 = d$ . 2. Длины  $\ell$  и  $b$  см. в табл. 14.  
3. \* Для винтов, обработанных резанием, в остальных случаях не нормируют.

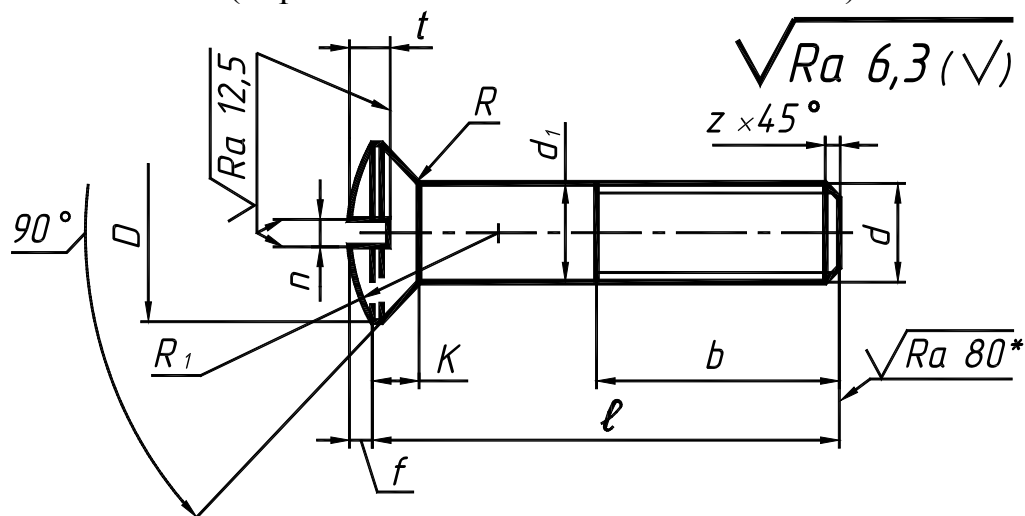
Пример условного обозначения винта класса точности *A*, диаметром резьбы  $d=8$  мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы *6g*, длиной  $\ell=50$  мм, класса прочности *4.8*, без покрытия с полукруглой головкой:  
**Винт A.M8-6g×50.48 ГОСТ 17473-80.**

То же класса точности *B*, с мелким шагом резьбы, с полем допуска *8g*, с покрытием *01*, толщиной *6* мкм:

**Винт B.M8×1-8g×50.48.016 ГОСТ 17473-80.**

Таблица 11

**Винты с полупотайной головкой класса точности В**  
(нормальной точности ГОСТ 17474-80)



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5
Высота головки $K$		2,2	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Высота сферы $f$		1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Радиус сферы $R_1$		8,0	9,4	12	15	19	22,5	26	30
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4
	не более	1,9	2,3	2,8	3,7	4,5	5,4	6,3	7,2
Радиус под головкой $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

**Примечания:** 1. Диаметр стержня  $d_1=d$ . 2. Длины  $l$  и  $b$  см. в табл. 14.  
3. \* Для винтов, обработанных резанием, в остальных случаях не нормируют.

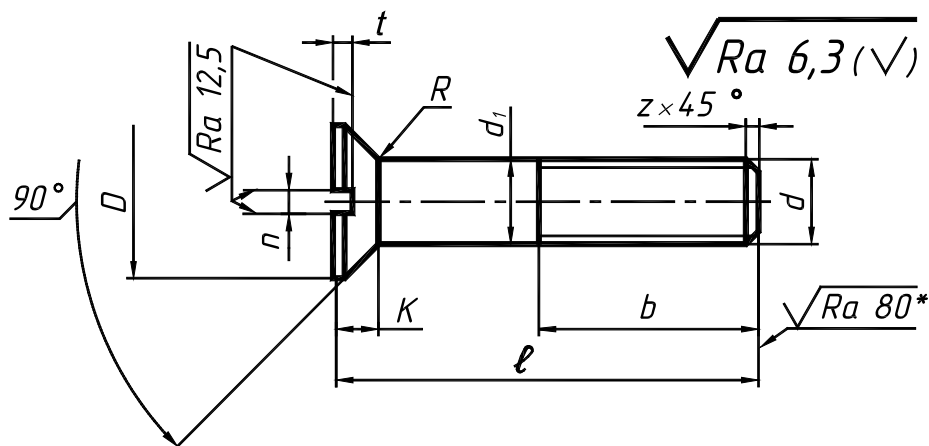
Пример условного обозначения винта класса точности **A**, диаметром резьбы  $d=8$  мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы **6g**, длиной  $l=50$  мм, класса прочности **4.8**, без покрытия с полупотайной головкой  
**Винт A.M8-6g×50.48 ГОСТ 17474-80.**

То же класса точности **B**, с мелким шагом резьбы, с полем допуска **8g**, с покрытием **01**, толщиной **6** мкм:

**Винт B.M8×1-8g×50.48.016 ГОСТ 17474-80.**

Таблица 12

**Винты с потайной головкой класса точности В**  
(нормальной точности ГОСТ 17475-80)



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5
Высота головки $K$		2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Ширина шлица $p$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	0,8	1,00	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0
	не более	1,1	1,35	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6
Радиус под головкой $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

**Примечания:** 1. Диаметр стержня  $d_1 = d$ . 2. Длины  $l$  и  $b$  см. в табл. 14.  
3. \* Для винтов, обработанных резанием, в остальных случаях не нормируют.

Пример условного обозначения винта класса точности **A**, диаметром резьбы  $d=8$  мм, с крупным шагом, с полем допуска **6g**, длиной  $l=50$  мм, класса прочности **4.8**, без покрытия с потайной головкой:

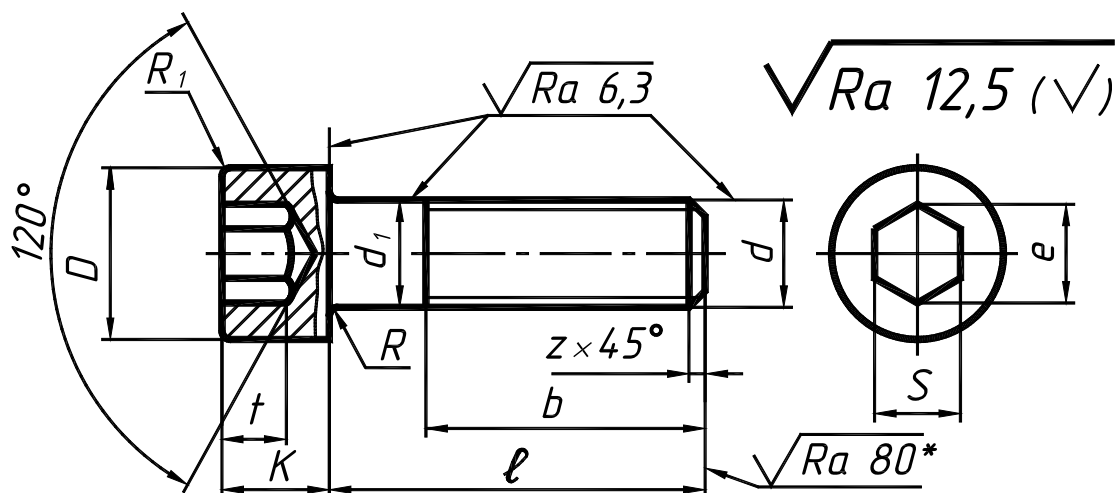
**Винт А.М8–6g×50.48 ГОСТ 17475-80.**

То же класса точности **B**, с мелким шагом, с полем допуска **8g**, с покрытием **01**, толщиной **6** мкм:

**Винт В.М8×1–8g×50.48.016 ГОСТ 17475-80.**

Таблица 13

Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ класса точности А (ГОСТ Р ИСО 12474-2012), мм



Резьба $d \times P$	M8×1	M10×1,25	M12×1,5	M14×1,5	M16×1,5	M20×2	M24×2
Диаметр головки $D$	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0	30,0	36,0
Высота головки $K$	8	10	12	14	16	20	24
Размер под ключ $S$	6	8	10	12	14	17	19
Диаметр описанной окружности $e$	6,9	9,2	11,5	13,7	16,0	19,5	21,8
Высота шестигранника $h$	4	5	6	7	8	10	12
Радиус под головкой $R$ не менее	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8
Радиус головки $R_1$ не более	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4

## Окончание таблицы 13

## Длины винтов ГОСТ Р ИСО 12474-2012, мм

Резьба $d \times P$	M8×1	M10×1,25	M12×1,5	M14×1,5	M16×1,5	M20×2	M24×2
Длина винта $\ell$	Длина резьбы $b$ (нормальная)						
12	9	—	—	—	—	—	—
16	13	—	—	—	—	—	—
20	17	16	16	—	—	—	—
25	22	21	21	21	21	—	—
30	27	26	26	26	26	26	—
35	32	31	31	31	31	30	—
40	28	36	36	36	36	36	36
45	28	32	42	42	42	42	42
50	28	32	46	46	46	46	46
55	28	32	50	50	50	50	50
60	28	32	36	56	56	56	56
65	28	32	36	40	44	60	60
70	28	32	36	40	44	67	67
80	28	32	36	40	44	52	76

Примечания: 1. Диаметр стержня  $d_f = d$ . 2. Поле допуска резьбы – 6g.

Пример условного обозначения винта с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ с резьбой  $M12 \times 1,5$  мм, номинальной длиной  $\ell = 50$  мм, класса прочности 4.8, без покрытия:

*Винт с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ  
ГОСТ Р ИСО 12474–M12×1,5×50.48*

Таблица 14

Длины винтов (ГОСТ 1491-80, 17473-80, 17474-80, 17475-80.), мм

Номинальный диаметр резьбы $d$	4	5	6	8	10	12	14	16	18
Длина винта $l$	Длина резьбы $b$ (нормальная)								
10	10	10	10						
12	12	12	12	12					
14	14	14	14	14					
16	16	16	16	16					
20	14	16	20	20	20				
25	14	16	18	22	25	25	25	25	
30	14	16	18	22	26	30	30	30	30
35	14	16	18	22	26	30	35	35	35
40	14	16	18	22	26	30	34	40	40
45	–	16	18	22	26	30	34	38	45
50	–	16	18	22	26	30	34	38	42
55	–	–	18	22	26	30	34	38	42
60	–	–	18	22	26	30	34	38	42
65	–	–	–	22	26	30	34	38	42
70	–	–	–	22	26	30	34	38	42
75	–	–	–	22	26	30	34	38	42

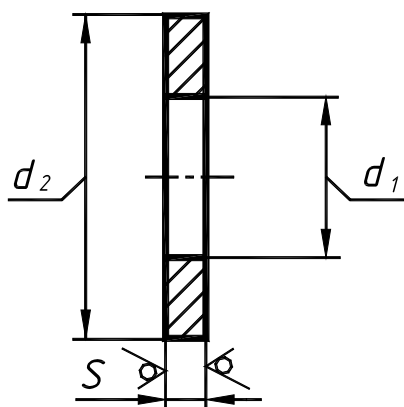
## 2.5. Шайбы

Шайбы, которые подкладываются под гайку в соединениях болтом и шпилькой, бывают круглые, квадратные, пружинные, стопорные и др. Они предохраняют поверхность детали, соприкасающуюся с ней, от износа и повреждений при завинчивании гайки, увеличивают опорную поверхность. Пружинные (ГОСТ 6402-70) и стопорные шайбы (ГОСТ 10461-81 ... ГОСТ 10464-81) предохраняют гайки от самоотвинчивания и применяются в тех случаях, когда соединение подвергается переменным нагрузкам и вибрации. Размеры круглых шайб ГОСТ 11371-78 даны в табл. 15. Шайбы изготавливаются двух исполнений: 1 – без скоса кромок, 2 – со скосом одной или двух кромок.

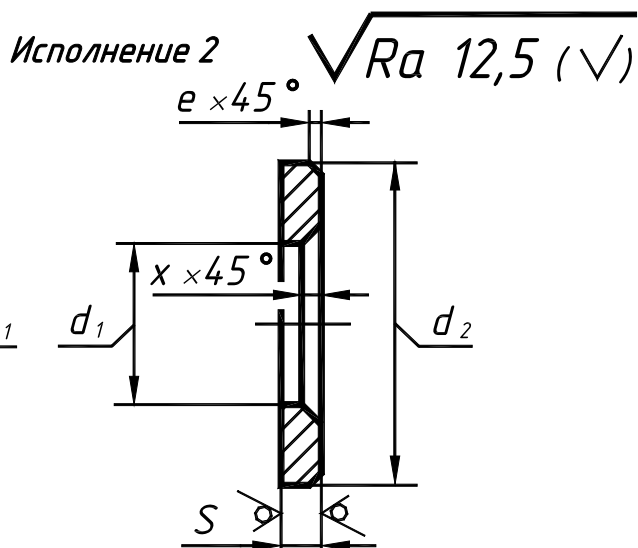
По величине шайбы бывают нормальные – ГОСТ 11371-78; увеличенные – ГОСТ 6958-78; уменьшенные – ГОСТ 10450-78, Шайбы изготавливают двух классов точности А и С.

## Шайбы нормальные (ГОСТ 11371-78)

Исполнение 1



Исполнение 2



Диаметр резьбы крепежной детали, мм	Наружный диаметр шайбы $d_2$ , мм	Внутренний диаметр шайбы $d_1$ , мм	Толщина шайбы $S$ , мм	Фаска наружная $e$ , мм		Фаска $X$ , мм
				не менее	не более	не менее
6	12,5	6,4	1,6	0,40	0,80	0,80
8	17	8,4	1,6	0,40	0,80	0,80
10	21	10,5	2,0	0,50	1,00	1,00
12	24	13,0	2,5	0,60	1,25	1,25
14	28	15,0	2,5	0,60	1,25	1,25
16	30	17,0	3,0	0,75	1,50	1,50
18	34	19,0	3,0	0,75	1,50	1,50
20	37	21,0	3,0	0,75	1,50	1,50
22	39	23,0	3,0	0,75	1,50	1,50
24	44	25,0	4,0	1,00	2,00	1,50
27	50	28,0	4,0	1,00	2,00	1,50

## 2.6. Фитинги

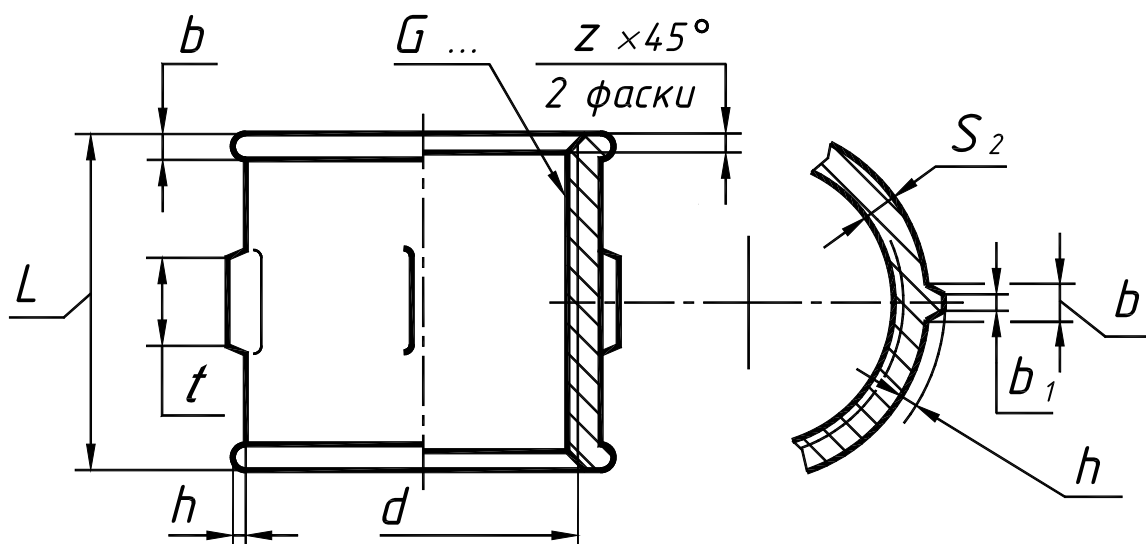
**Фитинги:** угольники, тройники, муфты прямые и переходные и т. п., — являются соединительными резьбовыми частями для водо- и газопроводных труб. Основным параметром для этих соединительных деталей является **условный проход**  $D_y$ , приблизительно равный внутреннему диаметру соединяемых труб.

На фитингах и трубах нарезается трубная цилиндрическая резьба ГОСТ 6357-81. Для этой резьбы установлены два класса точности — **A** (более точный) и **B**.

В табл. 16 приведены размеры прямых муфт. Размеры стальных труб приведены в табл. 17. В табл. 18 приведены размеры контргаяк для трубопроводов. Подробнее о фитингах см. [2].

**Таблица 16**

**Муфта прямая длинная (ГОСТ 8955-75)**



Условный проход $D_y$ , мм	Резьба (ГОСТ 6357-81)			Конструктивные размеры (ГОСТ 8944-75), мм							
	Обозначение на чертеже	Наружный диаметр $d$ , мм	Длина $L$ , мм	Число ребер	$S_2$	$b$	$h$	$t$	$b_1$	$b_2$	$Z$
8	$G^{1/4}$	13,158	27	2	3,5	3,0	2,0	7	2,0	3,5	1,0
10	$G^{3/8}$	16,663	30	2	3,5	3,0	2,0	8	2,0	3,5	1,0
15	$G^{1/2}$	20,956	36	2	4,2	3,5	2,0	9	2,0	4,0	1,6
20	$G^{3/4}$	26,442	39	4	4,4	4,0	2,5	10,5	2,0	4,0	1,6
25	$G1$	33,250	45	4	5,2	4,0	2,5	11	2,5	4,5	1,6
32	$G1^{1/4}$	41,912	50	4	5,4	4,0	3,0	13	2,5	5,0	1,6
40	$G1^{1/4}$	47,805	55	4	5,8	4,0	3,0	15	3,0	5,0	1,6
50	$G2$	59,616	65	6	6,4	5,0	3,5	17	3,0	6,0	1,6

Пример условного обозначения прямой длинной муфты с условным проходом  $D_y=25$  мм:

а) без покрытия

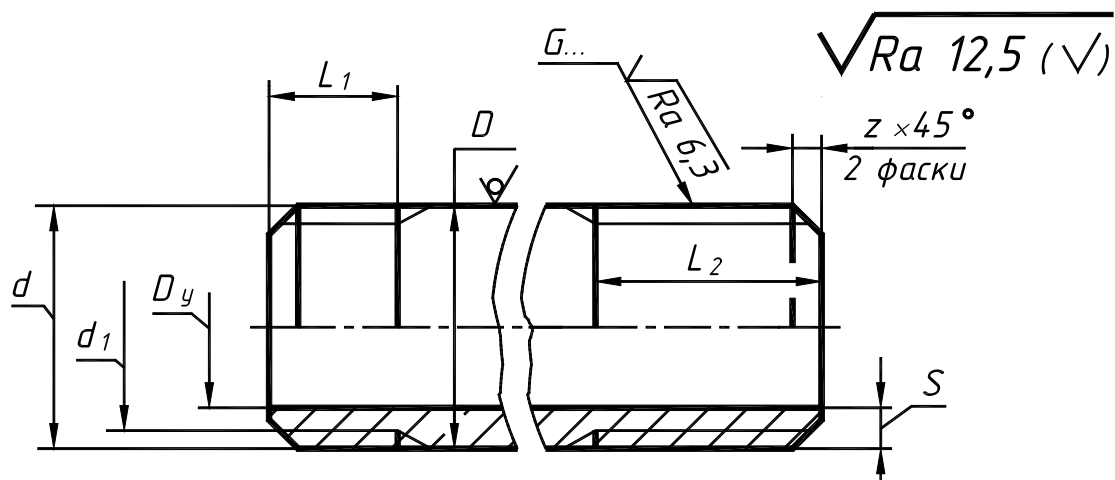
*Муфта длинная 25 ГОСТ 8955-75;*

б) с цинковым покрытием

*Муфта длинная Ц-25 ГОСТ 8955-75.*

Таблица 17

## Трубы стальные водо- и газопроводные (ГОСТ 3262-75)



Условный проход $D_y$ , мм	Резьба (ГОСТ 6357-81)				Конструктивные размеры, мм			
	Обозначение на чертеже	Наружный диаметр $d$ , мм	Длина $L_1$ , мм	Длина $L_2$ , мм	Наружный диаметр $D$	Толщина стенки $S$		Фаска $Z$
						обыкновенные	усиленные	
8	$G^{1/4}$	13,158	7	10	13,5	2,2	2,8	1,6
10	$G^{3/8}$	16,663	8	12	17,0	2,2	2,8	1,6
15	$G^{1/2}$	20,956	9	14	21,3	2,8	3,2	2,0
20	$G^{3/4}$	26,442	10,5	16	26,8	2,8	3,2	2,0
25	$G1$	33,250	11	18	33,5	3,2	4,0	2,5
32	$G1^{1/4}$	41,912	13	20	42,3	3,2	4,0	2,5
40	$G1^{1/2}$	47,805	15	22	48,0	3,5	4,0	2,5
50	$G2$	59,616	17	24	60,0	3,5	4,5	2,5

Примеры условных обозначений труб с условным проходом  $D_y=25$  мм:

а) трубы черной, немерной длины, без резьбы

*Труба 25×3,2 ГОСТ 3262-75;*

б) то же с цилиндрической резьбой

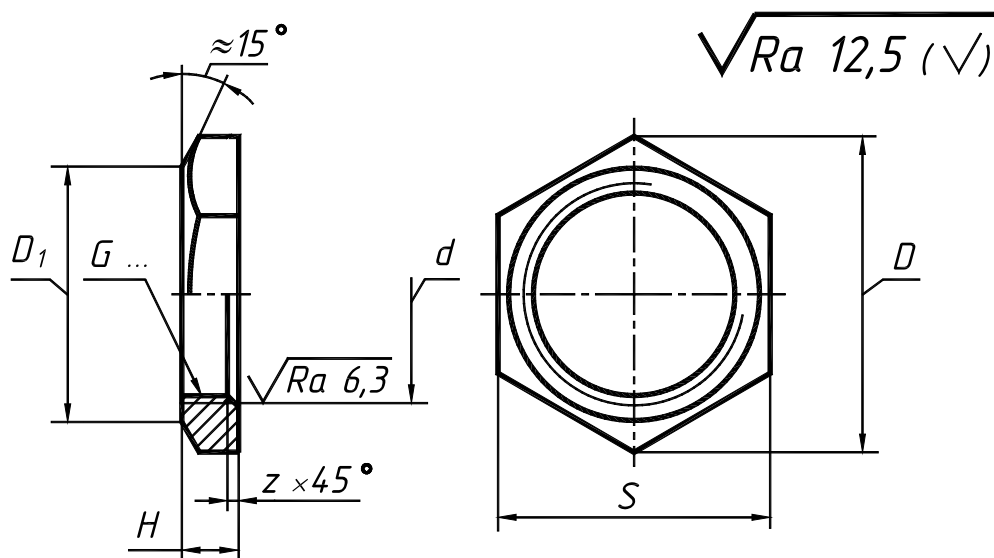
*Труба Р-25×3,2 ГОСТ 3262-75;*

в) трубы с цинковым покрытием, немерной длины, с цилиндрической резьбой

*Труба Ц-Р-25×3,2 ГОСТ 3262-75.*

Таблица 18

## Контргайки для трубопроводов (ГОСТ 8961-75)



Условный проход $D_y$ , мм	Резьба (ГОСТ 6357-81)			Конструктивные размеры, мм				
	Обозна- чение на чертеже	Наружный диаметр резьбы $d$ , мм	Внутренний диаметр резьбы, мм	$H$	$S$	$D$	$D_1$	$Z$
8	$G^{1/4}$	13,158	11,445	6	22	24,5	20	1,0
10	$G^{3/8}$	16,663	14,950	7	27	31,2	25	1,0
15	$G^{1/2}$	20,956	18,631	8	32	36,9	30	1,6
20	$G^{3/4}$	26,442	24,119	9	36	41,6	33	1,6
25	$G1$	33,250	30,292	10	46	53,1	43	1,6
32	$G1^{1/4}$	41,912	38,954	11	55	63,5	52	1,6
40	$G1^{1/2}$	47,805	44,847	12	60	69,3	56	1,6
50	$G2$	59,616	56,656	13	75	86,5	70	1,6

Пример условного обозначения контргаек с условным проходом  $D_y=40$  мм:

а) без покрытия

*Контргайка 40 ГОСТ 8961-75;*

б) с цинковым покрытием

*Контргайка Ц-40 ГОСТ 8961-75.*

## 2.7. Технические требования к болтам, винтам, шпилькам и гайкам

Технические требования к болтам, винтам, шпилькам изложены в ГОСТ Р 52627-2006. Технические требования к гайкам – ГОСТ Р 52628-2006. Болты, винты, шпильки и гайки выпускаются **трех классов точности**: грубый (класс *C*), нормальной точности (класс *B*) и повышенной точности (класс *A*).

Стандарт устанавливает для болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей **классы прочности 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9; 14.9**, для гаек – **классы прочности 4; 5; 6; 8; 9; 10; 12; 14**. Для болтов, винтов и шпилек из коррозионно-стойких, жаропрочных и теплоустойчивых сталей при нормальной температуре установлены группы, характеризующие их прочность: *21; 22; 23; 24; 25; 26*. Для болтов, винтов и шпилек из цветных сплавов установлены по их механической прочности группы *31; 32; 33; 34; 35; 36*.

Марка материала, применяемого для изготовления болтов, винтов, шпилек и гаек, в зависимости от принятого класса прочности выбирается из числа регламентированных в табл. 19–21. Крепежные детали могут иметь покрытие (табл. 23).

**Таблица 19**

### **Механические свойства болтов, винтов, шпилек, из углеродистых и легированных сталей (из ГОСТ Р ИСО 898-1-2011)**

Класс прочности	Марка стали	Номер стандарта
<i>3.6</i>	<i>CтЗ, CтЗкп</i>	ГОСТ 380-2005
	<i>10, 10кп</i>	ГОСТ 10702-78
<i>4.6</i>	<i>20</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>4.8</i>	<i>10, 10кп</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>5.6</i>	<i>30, 35</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>5.8</i>	<i>10*, 10кп *</i>	ГОСТ 10702-78
	<i>20*, 20кп*</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>6.6</i>	<i>35, 45, 40Г</i>	ГОСТ 1050-2014
		ГОСТ 10702-78
		ГОСТ 4543-71
<i>8.8</i>	<i>35Х, 35ХА, 40Г</i>	ГОСТ 4543-71
<i>9.8</i>	<i>40Х**</i>	ГОСТ 4543-71
<i>10.9</i>	<i>30ХГСА, 16ХСН</i>	ГОСТ 4543-71
<i>12.9</i>	<i>35ХГСА</i>	ГОСТ 4543-71
<i>14.9</i>	<i>40ХНМА</i>	ГОСТ 4543-71

\* Применяется для крепежных изделий с диаметром резьбы до 12 мм включительно.

\*\* Применяется для крепежных изделий с диаметром резьбы до 16 мм включительно.

Таблица 20

**Механические свойства болтов, винтов, шпилек и гаек  
из цветных сплавов**

Условное обозначение группы	Марка материала или сплава	Номер стандарта
<i>31</i>	<i>АМз5, АМз5П</i>	ГОСТ 4784-97
<i>32</i>	<i>ЛС59-1, Л63</i>	ГОСТ 15527-2004
<i>33</i>	<i>ЛС59-1, Л63 антимагнитные</i>	ГОСТ 15527-2004
<i>34</i>	<i>БрАМц 9-2</i>	ГОСТ 18175-78
<i>35</i>	<i>Д1, Д1П, Д16, Д16П</i>	ГОСТ 4784-97

Таблица 21

**Механические свойства гаек из углеродистых и легированных сталей  
(из ГОСТ Р ИСО 898-2-2013)**

Класс прочности	Марка стали	Номер стандарта
<i>4</i>	<i>Ст3, Ст3кп</i>	ГОСТ 380-2005
	<i>20</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>5</i>	<i>10, 10кп, 20</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>6</i>	<i>Ст5</i>	ГОСТ 380-2005
	<i>15, 15кп</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>8; 9</i>	<i>35, 40, 45,</i>	ГОСТ 1050-2014
<i>10</i>	<i>35Х, 35ХА, 40Г</i>	ГОСТ 4543-71
<i>12</i>	<i>40Х, 30ХГСА, 16ХСН</i>	ГОСТ 4543-71
<i>14</i>	<i>35ХГСА, 40ХНМА</i>	ГОСТ 4543-71

**Покрытия** применяют для повышения коррозионной стойкости поверхности изделий, улучшения механических свойств, а также для придания изделию красивого вида. Толщины металлических покрытий (цинк, никель и другие металлы, и их сплавы) выбираются из следующего ряда: 1; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 30; 35; 40; 45; 50; 60 мкм (ГОСТ 9.306-85). Толщина покрытия 1 мкм и менее в обозначении не указывается. Толщины защитного покрытия крепежных изделий, изготовленных из углеродистых и среднелегированных сталей, выбирают из ГОСТ 9.303-84 в зависимости от шага резьбы.

Таблица 22

**Марки материалов для шайб и их условные обозначения**  
(ГОСТ 18123-82)

Материал			
Вид	Марка	Номер стандарта	Условное обозначение марки (группы)
Углеродистые стали	<i>08, 08кп, 10, 10кп</i>	ГОСТ 1050-88	<b>01</b>
	<i>Ст3, Ст3кп</i>	ГОСТ 380-2005	<b>02</b>
	<i>15</i>	ГОСТ 1050-88	<b>03</b>
	<i>20</i>		<b>04</b>
	<i>35</i>		<b>05</b>
	<i>45</i>		<b>06</b>
Легированные стали	<i>40Х</i>	ГОСТ 4543-71	<b>11</b>
Коррозионно-стойкие стали	<i>12Х18Н10Т</i>	ГОСТ 5632-72	<b>21</b>
	<i>20 Х13</i>		<b>22</b>
Латуни	<i>Л63,</i>	ГОСТ 15527-70	<b>32</b>
	<i>ЛС59–1</i>		
	<i>Л63 антимагнитная</i>		<b>33</b>
Бронза	<i>БрАМц9–2</i>	ГОСТ 18175-78	<b>34</b>
Медь	<i>М3</i>	ГОСТ 859-2001	<b>38</b>
Алюминиевые сплавы	<i>АМг5</i>	ГОСТ 4784-97	<b>31</b>
	<i>Д1</i>		<b>35</b>
	<i>АД1</i>		<b>37</b>

Таблица 23

**Виды и условные обозначения покрытий болтов, винтов, шпилек  
и гаек**

Виды покрытий	Условное обозначение покрытий	
	буквенное ГОСТ 9.306-85	цифровое ГОСТ 1759.0-87
<b>Цинковое, хромированное</b>	<b>Ц. хр</b>	<b>01</b>
<b>Кадмиевое, хромированное</b>	<b>КД. хр</b>	<b>02</b>
<b>Многослойное: медь-никель</b>	<b>М. Н</b>	<b>03</b>
<b>Многослойное: медь-никель-хром</b>	<b>М. Н. Х. б</b>	<b>04</b>
<b>Окисное, пропитанное маслом</b>	<b>Хим. Окс. прм</b>	<b>05</b>
<b>Фосфатное, пропитанное маслом</b>	<b>Хим. Фос. прм</b>	<b>06</b>
<b>Оловянное</b>	<b>О</b>	<b>07</b>
<b>Медное</b>	<b>М</b>	<b>08</b>
<b>Цинковое</b>	<b>Ц</b>	<b>09</b>
<b>Окисное, наполненное хроматами</b>	<b>Ан. Окс. нхр</b>	<b>10</b>
<b>Окисное из кислых растворов</b>	<b>Хим. Пас</b>	<b>11</b>
<b>Серебряное</b>	<b>СР</b>	<b>12</b>
<b>Никелевое</b>	<b>Н</b>	<b>13</b>

Толщины защитного покрытия крепежных изделий, изготовленных из углеродистых и среднелегированных сталей, выбирают из ГОСТ 9.303-84: при шаге резьбы до 0,45 мм минимальная толщина покрытия **3** мкм;

от 0,5 до 0,75 мм – **6** мкм;

от 0,8 до 1,25 мм – **9** мкм;

от 1,5 до 2,5 мм – **12** мкм.

## 2.8. Условные обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек

Болты, винты, шпильки и гайки из углеродистых и легированных сталей и сплавов и изделия из цветных сплавов следует обозначить по следующей схеме: **Болт 2М12×1,25–6g×60.58.35Х.029 ГОСТ...**



Примечания: 1. Класс прочности в обозначении пишется без точки, разделяющей цифры, например, вместо **5.8** пишут **58**.

2. Между позициями 1 и 2, 2 и 3, 10 и 11 оставляются промежутки, равные ширине прописной буквы данного размера шрифта.

3. Между позициями 3 и 4, 5 и 6 ставится знак умножения (×).

4. Между позициями 4 и 5 ставится тире (дефис).

5. У гаек параметр 6 отсутствует.

6. Между позициями 6 и 7, 7 и 8, 8 и 9 посередине промежутков ставятся ясно различимые точки.

7. При отсутствии параметр не указывается.

## Условное обозначение шайб (ГОСТ 18123-82)

Шайбы следует обозначать по следующей схеме:

*Шайба 2.12.02.СтЭкп.019 ГОСТ 11371-78*



Примеры условных обозначений шайб:

1. Шайба исполнения *1*, для крепежного изделия с диаметром резьбы *12* мм, из стали марки *15*, покрытие *01*, толщиной *9* мкм:

*Шайба 12.03.019 ГОСТ 11371-78.*

То же из стали марки *СтЭкп*:

*Шайба 12.02.СтЭкп.019 ГОСТ 11371-78.*

2. То же исполнения *2*:

*Шайба 2.12.03.019 ГОСТ 11371-78.*

*Шайба 2.12.02.СтЭкп.019 ГОСТ 11371-78.*

Примечание. Марки материалов для шайб и их условные обозначения выбирают по табл. 22, виды покрытий и их условные обозначения выбирают по табл. 23, а толщину покрытия по ГОСТ 9.303-84.

### 3. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Каждая машина состоит из отдельных деталей, соединенных друг с другом неподвижно или находящихся в относительном движении. Под соединением следует понимать закрепление двух или более деталей в определенной последовательности для выполнения совместных действий.

Соединения деталей машин могут быть **разъемными** и **неразъемными**. **Разъемными** называются соединения, которые разбираются без нарушения целостности деталей и средств соединения. Разъемные соединения подразделяют на два вида:

- а) **неподвижные**, в которых исключается относительное перемещение деталей (болтовое и шпильчатое соединения, соединения при помощи винтов, фитингов и др., рис. 15);

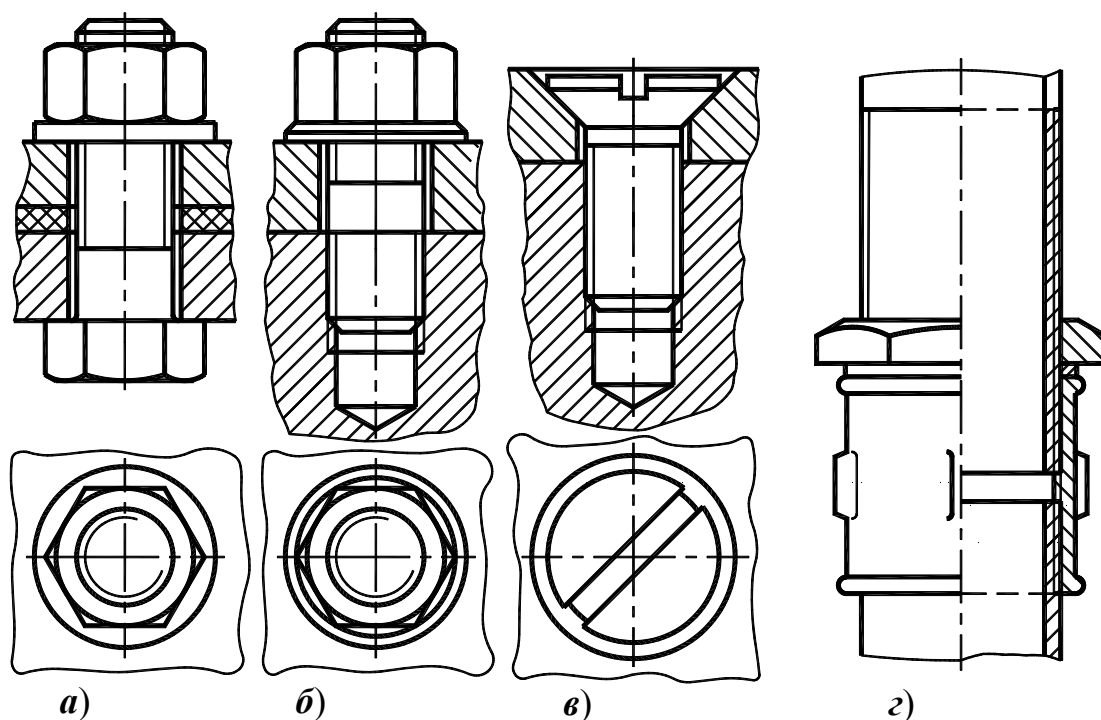


Рис. 15. Соединения резьбовые

- б) **подвижные**, которые допускают относительное перемещение деталей, в каком либо одном направлении (шпоночные и шлицевые соединения рис. 16).

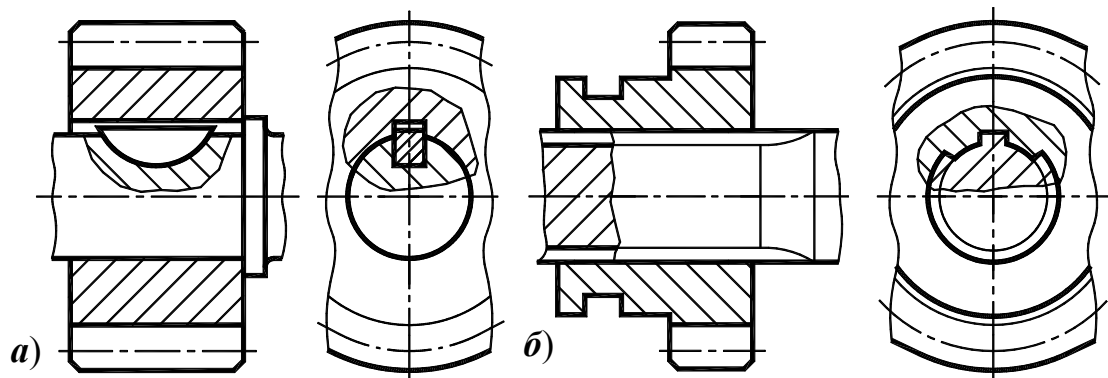


Рис. 16. Соединения шпоночные и шлицевые

**Неразъемными** называются соединения, которые могут быть разобраны только при нарушении целостности соединительных деталей или средств соединения: заклепочные, сварные, при помощи пайки, клеевые, с натягом и др., (рис. 29...36).

### 3.1. Разъемные соединения деталей машин

#### 3.1.1. Соединения крепежными резьбовыми деталями

Средствами соединения деталей в разъемных неподвижных соединениях являются **крепежные резьбовые изделия**: болты, шпильки, гайки, винты и фитинги. Вид крепежных элементов зависит от толщины, формы и материала скрепляемых деталей.

Болты применяют для соединения деталей относительно небольшой толщины, в которых можно выполнить сквозные отверстия, при наличии места для размещения гайки и места под ключ.

Винты используют в случае невозможности выполнить сквозное отверстие в одной из деталей или при отсутствии места для гайки или ключа.

Шпильки применяют при отсутствии возможности выполнить сквозное отверстие в одной из деталей, а также когда деталь, в отверстии которой нарезана резьба выполнена из мягкого материала (то есть, когда возможно разрушение резьбы) или форма детали не позволяет установить болты или винты.

#### Соединение болтом

Скрепление двух или большего количества деталей при помощи болта, гайки и шайбы называется болтовым соединением (рис. 17 а). Для прохода болта скрепляемые детали имеют гладкие, т. е. без резьбы, соосные цилиндрические отверстия большего диаметра, чем диаметр болта (табл. 26). На конец болта, выступающий из скрепленных деталей, надевается шайба и навинчивается гайка.

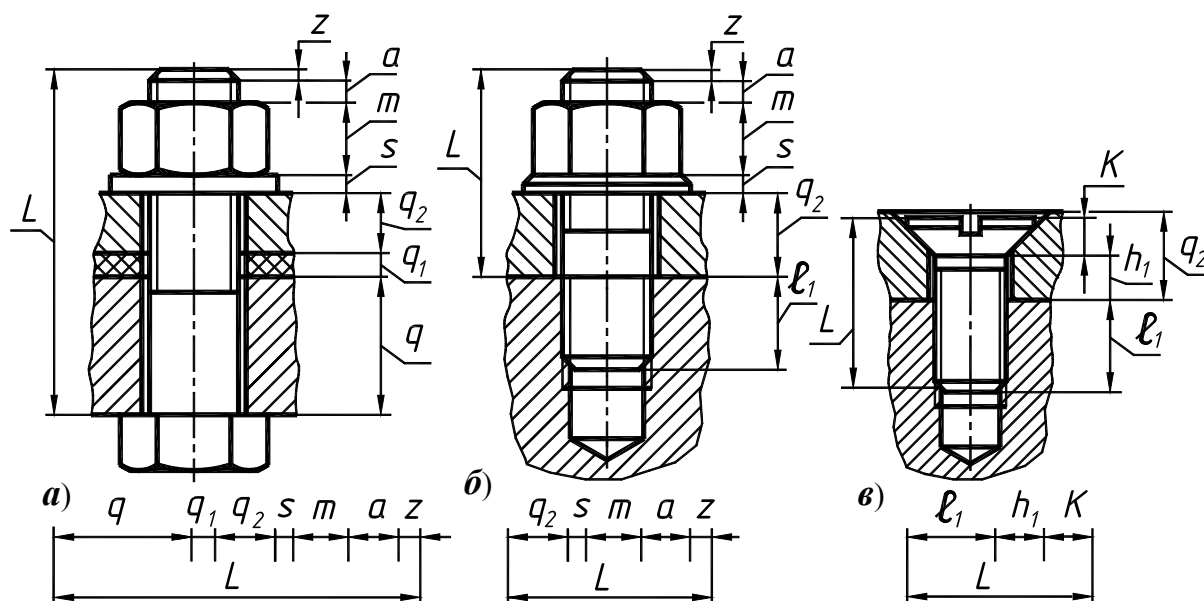


Рис. 17. Сборочные размерные цепи

При вычерчивании болтового соединения конструктивные размеры болта, гайки и шайбы берутся из соответствующих стандартов (см. табл. 5, 8, 15). Для определения длины  $L$  болта необходимо составить сборочную размерную цепь. Размерной цепью называется совокупность взаимосвязанных размеров, которую можно выразить графически в виде замкнутого контура, образованного размерами длины, или аналитически – в виде алгебраической суммы величин, равной нулю.

Сборочная размерная цепь устанавливает размерные связи между элементами деталей данной сборочной единицы.

На рис. 17, *а* показана сборочная размерная цепь, выражающая размерные связи болтового соединения. Эта размерная цепь позволяет определить длину  $L$  болта, обеспечив при этом необходимый запас резьбы при выходе конца болта из гайки (размер  $a$ ). Аналитически эта размерная цепь может быть представлена уравнением:

$$L = q + q_1 + q_2 + s + m + a + z, \quad (3.1)$$

где  $q$ ,  $q_1$  и  $q_2$  – толщина соединяемых деталей;

$s$  – толщина шайбы;

$m$  – высота гайки;

$a$  – запас резьбы при выходе болта из гайки;

$z$  – высота фаски болта.

Величины  $q$ ,  $q_1$  и  $q_2$  известны,  $s$  и  $m$  даны в соответствующих стандартах,  $z$  и  $a$  выбираются из табл. 24. Полученный размер округляется до ближайшего размера длины болта по табл. 5 (ГОСТ 7798-70). По той же таблице определяется длина резьбы  $b$ .

### Соединение при помощи шпильки

Скрепление двух или большего количества деталей осуществляется при помощи шпильки, гайки и шайбы (рис. 17, *б*). Его используют вместо болтового, когда изготавливать сквозное отверстие в одной из соединяемых деталей нецелесообразно из-за значительной ее толщины или из-за отсутствия места для головки болта. Длину  $\ell_1$ , ввинчиваемого (посадочного) конца шпильки выбирают в зависимости от материала детали (табл. 7). Сначала отверстие под шпильку высверливают, затем делают фаску, после чего нарезают резьбу (гнездо под шпильку). На гаечный (стяжной) конец шпильки надеваются другие, скрепляемые с первой, детали, имеющие гладкие соосные цилиндрические отверстия большего диаметра (ГОСТ 11284-75), чем диаметр шпильки (табл. 26). На конец шпильки, выступающий из скрепляемых деталей, надевается шайба и навинчивается гайка.

При вычерчивании соединения шпилькой конструктивные размеры шпильки, гайки и шайбы берутся из соответствующих стандартов (см., табл. 6, 8, 15). При выборе шпильки необходимо обратить внимание на то, что длина  $\ell_1$ , ввинчиваемого (посадочного) конца зависит от материала детали, в которую она ввинчивается (табл. 7):

- 1)  $\ell_1 = d$  для стальных, бронзовых, латунных деталей и деталей из титановых сплавов (ГОСТ 22032-76);
- 2)  $\ell_1 = 1,25d$  для деталей из ковкого и серого чугуна (ГОСТ 22034-76);
- 3)  $\ell_1 = 2d$  для деталей из алюминиевых и магниевых сплавов (ГОСТ 22038-76) ( $d$  – наружный диаметр резьбы шпильки).

Для определения длины гаечного конца шпильки необходимо составить сборочную размерную цепь. На рис. 17, б показана сборочная размерная цепь, выражающая размерные связи соединения шпилькой.

Эта размерная цепь позволяет определить длину гаечного конца шпильки, обеспечив необходимый запас резьбы при выходе конца шпильки из гайки (размер  $a$ ). Аналитически эта размерная цепь может быть представлена уравнением

$$L = q_2 + s + m + a + z, \quad (3.2)$$

где  $q_2$  – толщина присоединяемой детали;

$s$  – толщина шайбы;

$m$  – высота гайки;

$a$  – запас резьбы при выходе шпильки из гайки;

$z$  – высота фаски шпильки.

Величина  $q_2$  известна,  $s$  и  $m$  приведены в соответствующих стандартах,  $z$  и  $a$  выбираются по табл. 24. Полученный размер  $L$  округляется до ближайшего размера длины гаечного (стяжного) конца шпильки по табл. 6. По этой же таблице определяется длина  $\ell_0$ , нарезанной части шпильки под гайку. Глубина  $L_0$  сверленного под резьбу отверстия и длина  $L_1$ , резьбы подсчитываются по данным табл. 24. Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы выбираются по данным табл. 25.

### Соединение деталей при помощи крепежных винтов

При помощи крепежных винтов можно скреплять две и более детали. Для этого в последней из них делается резьбовое отверстие, а в остальных – гладкие соосные отверстия диаметром, большим диаметра винта. Винт свободно проходит через гладкие отверстия скрепляемых деталей и ввинчивается в резьбовое отверстие последней из них (рис. 15, в). Глубина  $\ell_1$ , ввинчивания винта зависит от материала детали и принимается равной  $1d$  для стали, бронзы и латуни,  $1,25d$  – для ковкого и серого чугуна и  $2d$  – для легких сплавов ( $d$  – наружный диаметр резьбы винта).

В первой из скрепляемых деталей делается коническая зенковка (углубление под головку) для винтов с полупотайной и потайной головками (рис. 15, в) или цилиндрическая – для винтов с цилиндрической головкой. Под винты с полукруглой головкой зенковку не предусматривают.

Для подсчета длины винта необходимо составить сборочную размерную цепь (рис. 17 в). Аналитически эта размерная цепь может быть представлена уравнением:

$$L = +h_1 + K, \quad (3.3)$$

где  $\ell_1$  – глубина ввинчивания винта;

$h_1$  – толщина скрепляемой детали за вычетом глубины зенковки;

$K$  – высота головки винта.

Полученный в результате подсчета размер округляется до ближайшего размера длины винта по таблице соответствующего стандарта (см. табл. 14). По этой же таблице определяется длина нарезанной части винта. Необходимо обратить внимание на то, что у винтов с потайной и полупотайной головками потайная часть ее включается в длину винта.

При вычерчивании соединения деталей при помощи винтов конструктивные размеры винтов берут из соответствующего стандарта (см. табл. 9...13).

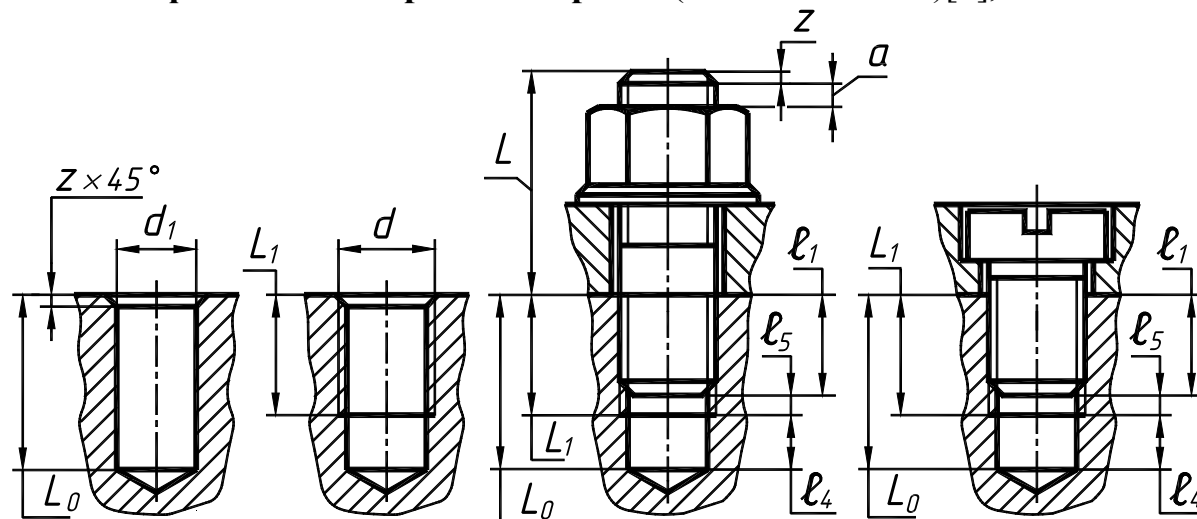
Шлицы головок винтов на сборочных чертежах, на видах сверху (или слева), изображаются под углом  $45^\circ$  к рамке чертежа (рис. 15, в) в соответствии с ГОСТ 2.315-68. Диаметры отверстий в скрепляемых деталях для прохода винтов выбирают из табл. 26.

Размеры зенковок под винты с полупотайной, потайной и цилиндрической головками даны в табл. 27.

Фаски, запасы резьбы, выходы конца болтов и шпилек из гайки приведены в табл. 24.

**Таблица 24**

**Выход и запасы резьбы, недорезы, фаски для метрических резьб (ГОСТ 10549-80)[6], мм**



Шаг резьбы $P$	Запас резьбы $\ell_5$	Недорез $\ell_4$		Запас резьбы $a$	Фаска $z$
		нормальный	короткий		
0,45	1,2	2,0	1,8	1,0	0,3
0,5	1,5	3,0	2,0	1,0	0,5
0,7	2,0	3,5	2,5	1,5	0,5
0,8	2,5	4,0	2,5	2,0	1,0
1,00	3,0	6,0	4,0	2,0	1,0
1,25	3,5	8,0	4,0	2,5	1,6

## Окончание таблицы 24

Шаг резьбы $P$	Запас резьбы $\ell_5$	Недорез $\ell_4$		Запас резьбы $a$	Фаска $z$
		нормальный	короткий		
1,50	4,0	9,0	4,0	3,0	1,6
1,75	5,0	11,0	5,0	3,5	1,6
2,00	5,5	11,0	5,0	4,0	2,0
2,50	7,0	12,0	6,0	5,0	2,5
3,00	8,5	15,0	7,0	6,0	2,5
3,50	10,0	17,0	8,0	7,0	2,5

**Примечания:** 1. Диаметр  $d_1$  отверстия под резьбу выбирают из табл. 25.  
 2. Недорезом ( $\ell_4$ ) называется сумма размеров сбега и недохода.  
 3. Недоводом резьбы называется величина не нарезанной части детали между концом сбега и опорной поверхностью детали.

Таблица 25

**Диаметры отверстий под нарезание метрической резьбы  
с крупным шагом (ГОСТ 19257-73)**

Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Шаг резьбы $P$ , мм	Номинальный диаметр $d_1$ отверстия под резьбу с полем допуска	
		$5H; 6H; 7H$	$6G; 7G$
2,5	0,45	2,01	2,02
3	0,50	2,46	2,50
4	0,70	3,24	3,29
5	0,80	4,13	4,18
6	1,00	4,95	5,00
8	1,25	6,70	6,75
10	1,50	8,43	8,50
12	1,75	10,20	10,25
14	2,00	11,90	11,95
16	2,00	13,90	13,95
18	2,50	15,35	15,40
20	2,50	17,35	17,40
22	2,50	19,35	19,40
24	3,00	20,85	20,90
27	3,00	23,85	23,90

Таблица 26

**Отверстия сквозные под крепежные детали**  
(ГОСТ 11284-75)

Диаметры стержней крепежных деталей $d$ , мм	Диаметры сквозных отверстий $d_1$ , мм	
	1-й ряд	2-й ряд
2,5	2,7	2,9
3,0	3,2	3,4
4,0	4,3	4,5
5,0	5,3	5,5
6,0	6,4	6,6
8,0	8,4	9,0
10,0	10,5	11,0
12,0	13,0	14,0
14,0	15,0	16,0
16,0	17,0	18,0
18,0	19,0	20,0
20,0	21,0	22,0
22,0	23,0	24,0
24,0	25,0	26,0
27,0	28,0	29,0

**Примечание.** Сквозные отверстия по 1-му ряду применяют при точной сборке, по 2-му ряду – при грубой сборке.

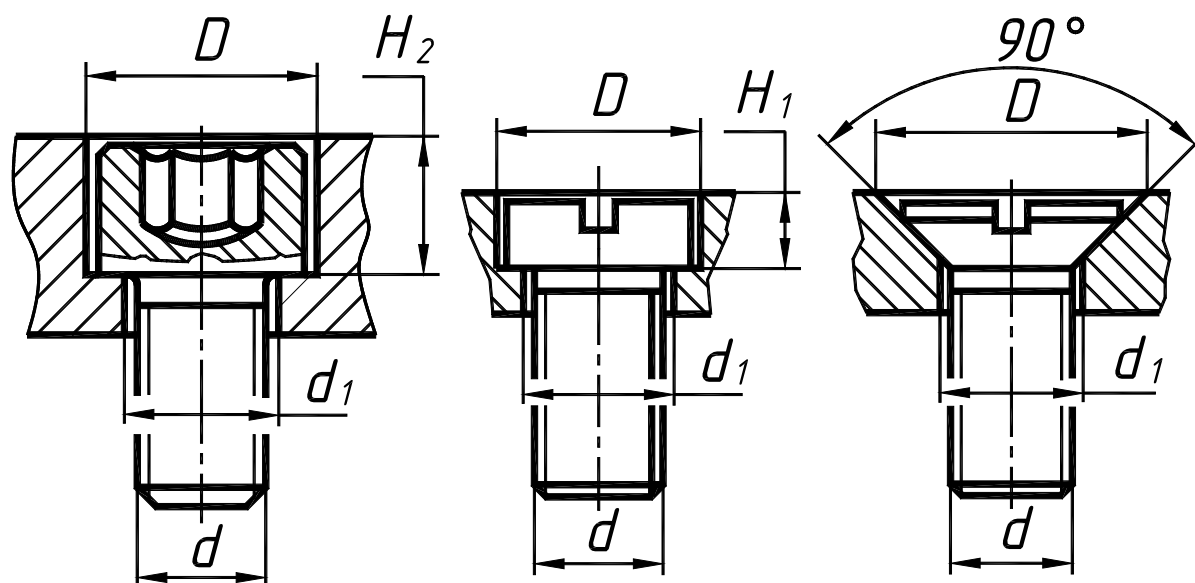
### Соединение труб

Соединение водо- и газопроводных труб производится при помощи соединительных резьбовых частей – **фитингов** (угольников, тройников, муфт и т. п., рис. 15, з).

При вычерчивании соединения труб муфтой конструктивные размеры труб, муфты и контргайки берутся из соответствующих стандартов (см. табл. 16–18). На одной трубе длина резьбы со стороны муфты должна быть  $L_1$  на другой –  $L_2$ . Каждая из труб ввинчивается в муфту на величину  $L_1$ . Контргайка навинчивается на трубу со стороны более длинной резьбы ( $L_2$ ) и служит для стопорения муфты.

Таблица 27

**Зенкование под головки винтов  
(ГОСТ 12876-77)**



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	Винты с цилиндрической головкой со шлицем под отвертку, а также с шестигранным углублением «под ключ»				Винты с потайной и полупотайной головкой
	Диаметр зенковки $D$ , мм		$H_1$ , мм	$H_2$ , мм	$D$ , мм
	1-й ряд*	2-й ряд**			
2,5	5,0		1,7	—	5,6
3	6,5		2,0	—	6,5
4	8,0		2,8	—	8,3
5	10		3,5	—	10,3
6	11	12	4,7	6,8	12,3
8	14	15	6,0	9	16,5
10	17	18	7,0	11	20,0
12	19	20	8,0	13	24,0
14	22	24	9,0	15	28,0
16	26	28	10	17	31,0
18	28	30	11	19	35,0
20	32	34	12	21	39,0

\*Применяют при сквозных отверстиях по 1-му ряду (точная сборка).

\*\*Применяют при сквозных отверстиях по 2-му ряду (грубая сборка).

### 3.1.2. Шпоночные соединения

Шпоночные и зубчатые (шлицевые) соединения относятся к подвижным разъемным соединениям. Соединительным звеном в шпоночных соединениях является деталь, называемая шпонкой. Наибольшее распространение шпонки получили для соединения вращающихся деталей (шкивов, зубчатых колес, маховиков и т.п.) с валами. Для выполнения шпоночного соединения на валу (рис. 16, *а*) фрезеруют паз под шпонку, такой же паз делают в отверстии насаживаемой на вал детали. Шпонка одновременно входит в эти пазы и соединяет вал с деталью, например с зубчатым колесом, обеспечивая передачу крутящего момента.

Применяют различные типы шпонок: **призматические**, **сегментные** и **клиновые**. В данном пособии клиновые шпонки не рассматриваются.

Наиболее распространены призматические шпонки, которые изготавливают в трех исполнениях (рис. 18).

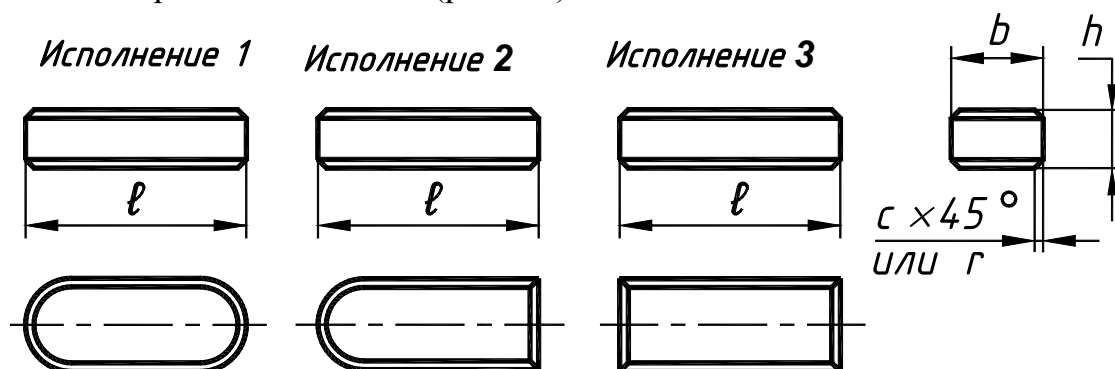


Рис. 18. Призматические шпонки

Сегментные шпонки допускается изготавливать в двух исполнениях (рис. 19).

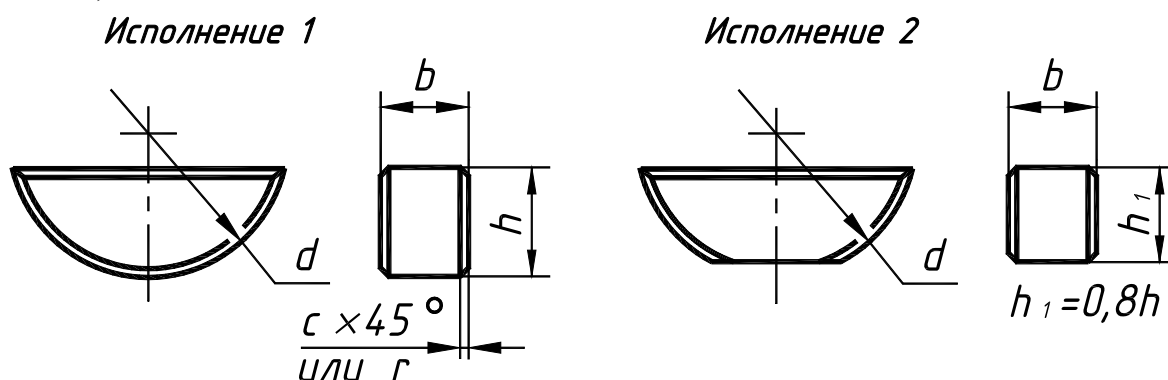
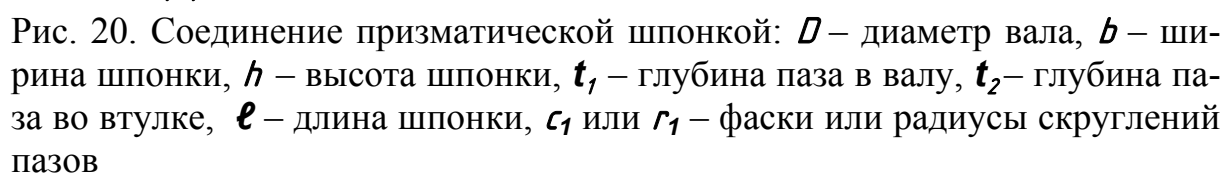


Рис. 19. Сегментные шпонки

Размеры шпонок и пазов для них стандартизованы и зависят от диаметра вала. Зная диаметр вала, по табл. 28 можно определить размеры призматических шпонок и пазов для них (ГОСТ 23360-78), а по табл. 29 – размеры сегментных шпонок (ГОСТ 24071-97).



## Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов (ГОСТ 23360-78), мм

Длины шпонок должны выбираться из ряда: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63.

Примеры условного обозначения: 1) призматическая шпонка исполнения **1** для вала диаметром  $d = 25$  мм, с размерами  $b = 8$  мм,  $h = 7$  мм,  $l = 22$  мм:  
Шпонка 8×7×22 ГОСТ 23360-78;

2) то же исполнения **2**: Шпонка 2-8×7×22 ГОСТ 23360-78.

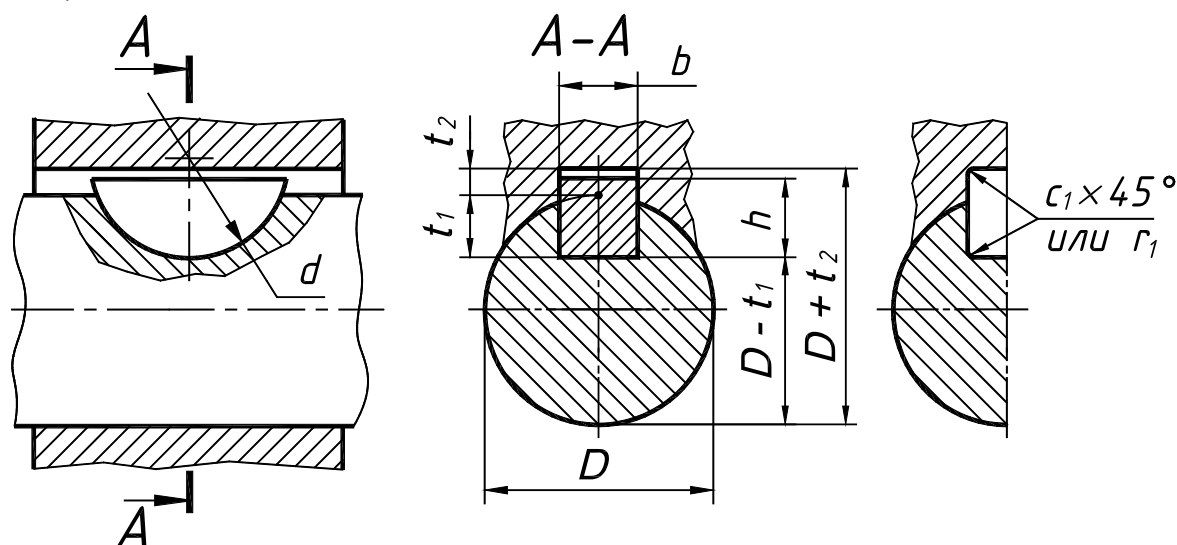


Рис. 21. Соединение сегментной шпонкой:  $D$  – диаметр вала,  $b$  – ширина шпонки,  $h$  – высота шпонки,  $t_1$  – глубина паза в валу,  $t_2$  – глубина паза во втулке,  $d$  – диаметр шпонки,  $c_1$  или  $r_1$  – фаски или радиусы скруглений пазов

Таблица 29

Размеры сегментных шпонок и шпоночных пазов (ГОСТ 24071-97), мм

Диаметр вала $D$	Шпонка*				Шпоночный паз		
	$b$	$h$	$d$	$c$ или $r$	вал $t_1$	втулка $t_2$	$c_1$ или $r_1$
Св. 6 до 7	2,0	3,7	10	0,16...0,25	2,9	1,0	0,008...0,16
Св. 7 до 8	2,5	3,7	10		2,7	1,2	
Св. 8 до 10	3	5	13		3,8	1,4	
Св. 10 до 12	3	6,5	16		5,3	1,4	
Св. 12 до 14	4	6,5	16	0,25...0,4	5,0	1,8	0,16...0,25
Св. 14 до 16	4	7,5	19		6,0	1,8	
Св. 16 до 18	5	6,5	16		4,5	2,3	
Св. 18 до 20	5	7,5	19		5,5	2,3	
Св. 20 до 22	5	9	22		7,0	2,3	
Св. 22 до 25	6	9	22		6,5	2,8	
Св. 25 до 28	6	10	25		7,5	2,8	
Св. 28 до 32	8	11	28	0,4...0,6	8,0	3,3	0,25...0,4
Св. 32 до 38	10	13	32		10	3,3	

\* Шпонки предназначены для передачи крутящего момента.

Примеры условного обозначения: 1) сегментная шпонка исполнения **1** для вала диаметром  $d = 30$  мм: *Шпонка 8×11 ГОСТ 24071-97*,  
2) то же исполнения **2**: *Шпонка 2-8×11 ГОСТ 24071-97*,

Примеры простановки размеров на валах со шпоночными пазами приведены на рис. 22.

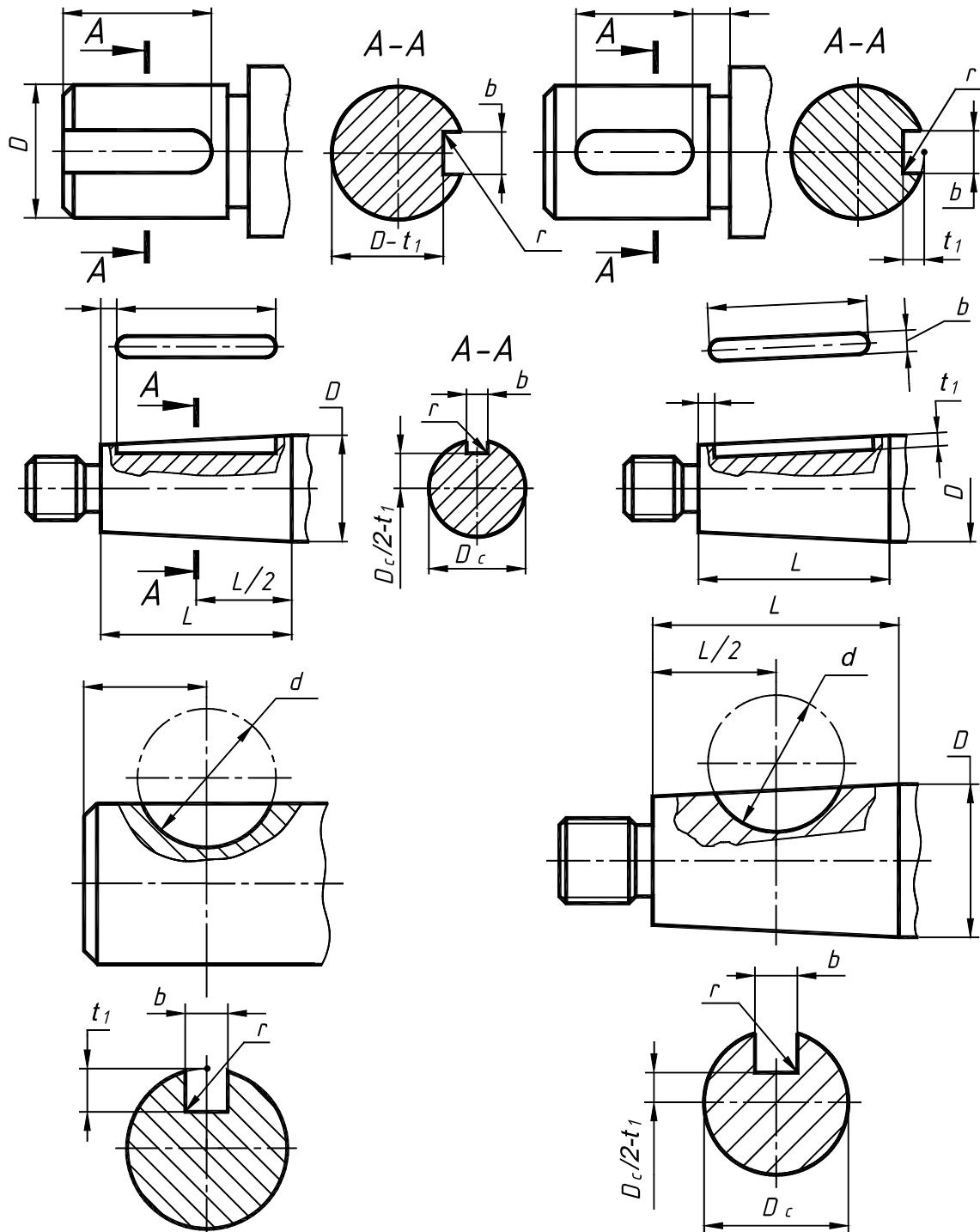


Рис. 22. Простановка размеров на валах со шпоночными пазами

На чертеже детали с цилиндрическим отверстием и шпоночным пазом задают размер  $D+t_2$  (рис. 23, а). Глубину паза во втулке ( $t_2$ ) ширину паза ( $b$ ) и радиус скругления ( $r$ ) принимают по табл. 28 для призматических шпонок, или по табл. 29 для сегментных шпонок.

На чертеже детали с коническим отверстием задают размер  $D+t'_2$  (рис. 23, б), который вычисляют по формуле

$$D+t'_2 = D_{cp} + t_2 - 0,02\ell,$$

где размер  $t_2$  принимают для диаметра  $D_{cp}$  по табл. 29.

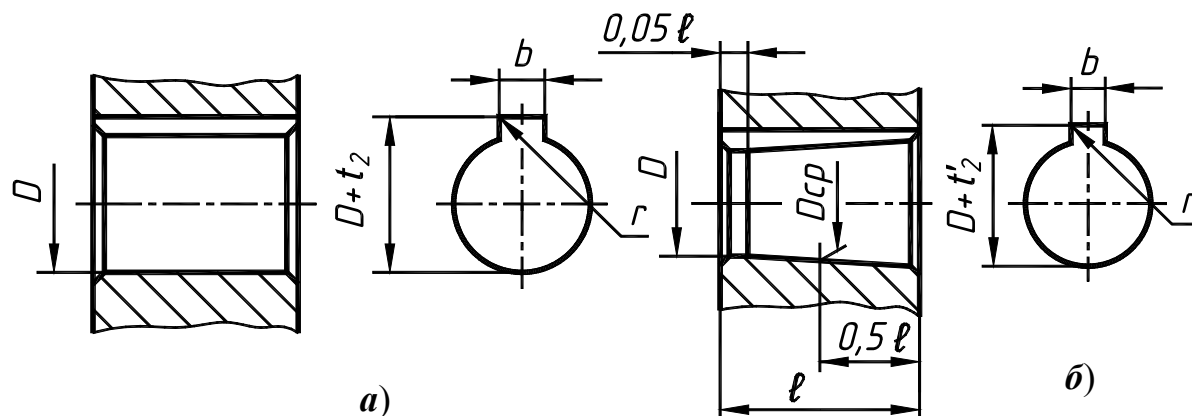


Рис. 23. Отверстия со шпоночным пазом

На рис. 24 приведен пример простановки размеров на чертеже цилиндрического зубчатого колеса с коническим отверстием.

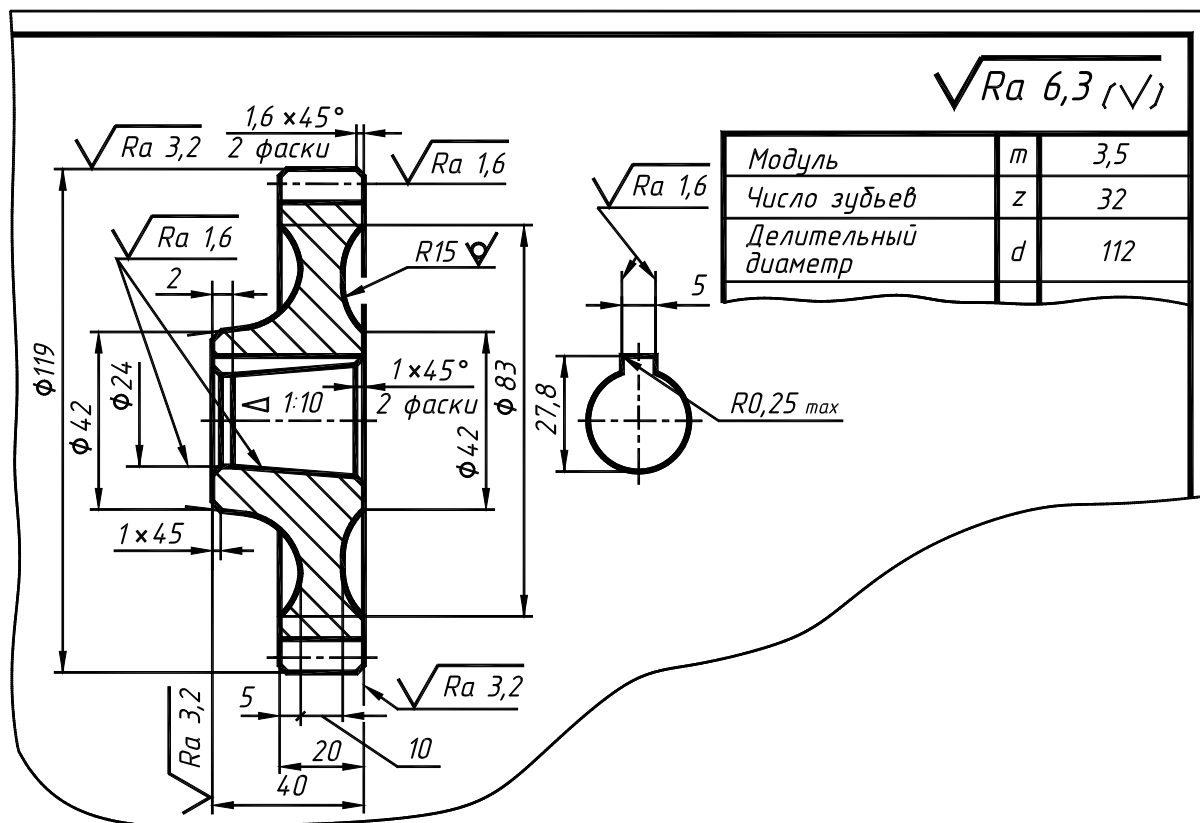
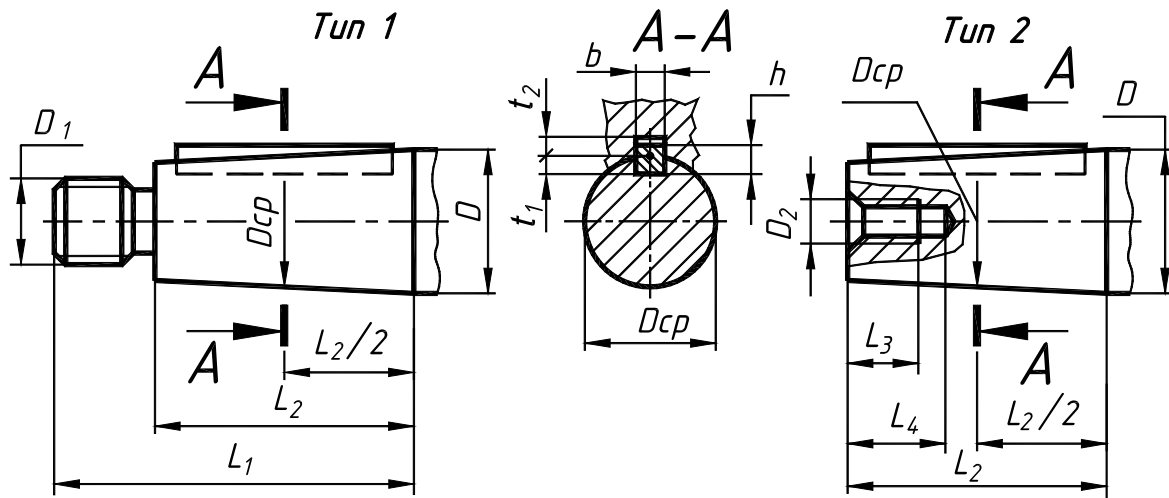


Рис. 24. Простановка размеров на чертеже зубчатого колеса

Таблица 30

**Конические концы валов с конусностью 1:10**  
(ГОСТ 12081-72), мм



Номи- ми- наль- ный диа- метр $D$	$L_1$	$L_2$	$D_{cp}$	$b$	$h$	$t_1$	$t_2$	$D_1$	$D_2$	$L_3$	$L_4$
16	40	28	14,6	3	3	1,8	1,4	M10×1,25	M4	7,0	8,5
18			16,6	4	4	2,5	1,8		M5	8,0	9,3
20	50	36	18,2	4	4	2,5	1,8	M12×1,25	M6	9,0	11,3
22			20,2	4	4	2,5	1,8				
24			22,2	5	5	3,0	2,3				
25	60	42	22,9	5	5	3,0	2,3	M16×1,5	M8	14,0	15,7
28			25,9								
30	80	58	27,1	5	5	3,0	2,3	M20×1,5	M10	17,0	19,0
32			29,1	6	6	3,5	2,8	M20×1,5	M10	17,0	19,0
35			32,1	6	6	3,5	2,8	M20×1,5	M12	20,0	22,3
36			33,1	6	6	3,5	2,8	M20×1,5	M12	20,0	22,3
38			35,1	6	6	3,5	2,8	M24×2,0	M12	20,0	22,3
40	110	82	35,9	10	8	5,0	3,3	M24×2	M12	20,0	22,3
45			40,9	12	8	5,0	3,3	M30×2	M16	26,0	28,5
50	110	82	45,9	12	8	5,0	3,3	M36×3	M16	26,0	28,5
56			51,9	14	9	5,5	3,8	M36×3	M20	32,0	35,0
63	140	105	57,75	16	10	6,0	4,3	M42×3	M20	32,0	35,0
71			65,75	18	11	7,0	4,4	M48×3	M24	36,0	39,3
80	170	130	73,5	20	12	7,5	4,9	M56×4	M30	44,0	47,9
90			83,5	22	14	9,0	5,4	M64×4			

### 3.1.3. Зубчатые (шлицевые) соединения

Соединения зубчатые (шлицевые) образуются выступами (зубьями) на валу и соответствующими пазами в ступице, насаженной на него детали (рис. 16, б). По форме профиля выступов различают прямоугольные, эвольвентные и треугольные зубчатые соединения. Прямоугольные зубчатые соединения стандартизованы (ГОСТ 1139-80). Предусмотрено три серии соединений – легкая, средняя и тяжелая, отличающиеся друг от друга высотой и количеством зубьев (шлицев) (табл. 30). Сведения о соединениях с эвольвентными шлицами (ГОСТ 6033-80) приведены в [2, с. 301]. Зубчатые соединения треугольного профиля не стандартизованы.

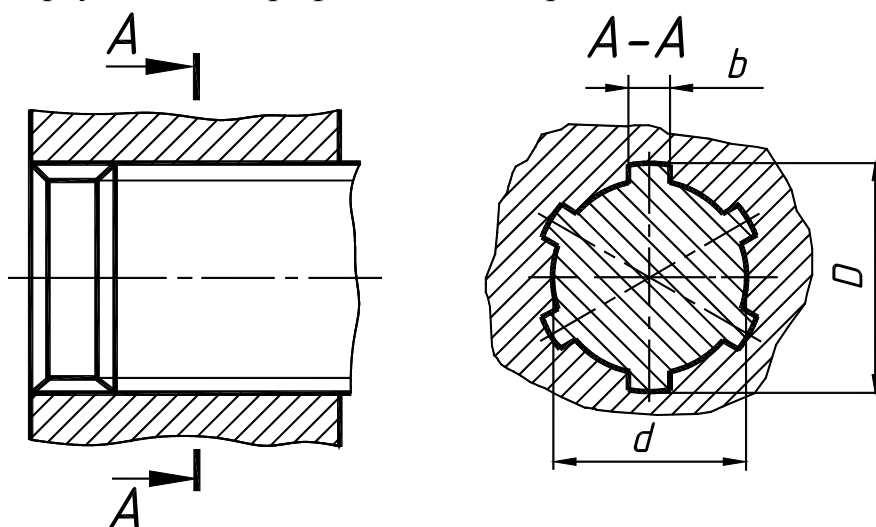


Рис. 25. Шлицевое соединение:  $D$  – наружный диаметр зубьев,  $d$  – внутренний диаметр зубьев,  $b$  – ширина зуба

Таблица 31

Соединение зубчатое (шлицевое) прямоугольное (ГОСТ 1139-80), мм

Легкая серия		Средняя серия		Тяжелая серия	
$z \times d \times D$	$b$	$z \times d \times D$	$b$	$z \times d \times D$	$b$
6×23×26	6	6×11×14	3,0	10×16×20	2,5
6×26×30	6	6×13×16	3,5	10×18×23	3,0
6×28×32	7	6×16×20	4,0	10×21×26	3,0
8×32×36	6	6×18×22	5,0	10×23×29	4,0
8×36×40	7	6×21×25	5,0	10×26×32	4,0
8×42×46	8	6×23×28	6,0	10×28×35	4,0
8×46×50	9	6×26×32	6,0	10×32×40	6,0
8×52×58	10	6×28×34	7,0	10×36×45	5,0
8×56×62	10	8×32×38	6,0	10×42×52	6,0
8×62×68	12	8×36×42	7,0	10×46×56	7,0
10×72×78	12	8×42×48	8,0	16×52×65	5,0
10×82×88	12	8×46×54	9,0	16×56×65	5,0
10×92×98	14	8×52×60	10,0	16×62×72	6,0

Зубчатые соединения изображают согласно ГОСТ 2.409-74. Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев вала и отверстия втулки изображают сплошными толстыми линиями (рис. 26).

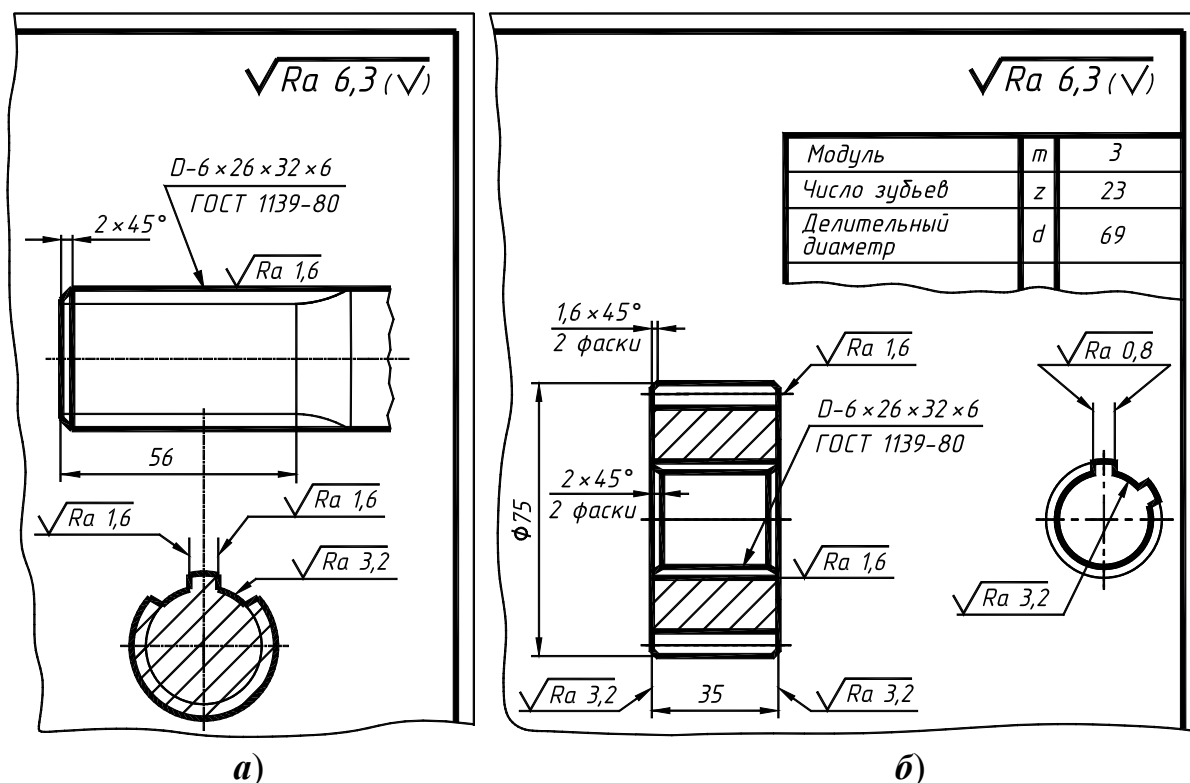


Рис. 26. Изображение прямобочных шлицев на валу (а) и в отверстии (б)

В поперечных разрезах и сечениях, а также на проекциях вала и отверстия втулки на плоскость, перпендикулярную к продольной оси, изображают профиль одного зуба и двух впадин, фаски на конце зубчатого вала и в отверстии втулки не показывают.

В продольных осевых разрезах и сечениях валов зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и изображают нерассеченными, а на разрезах и сечениях втулок впадины условно совмещают с плоскостью чертежа (рис. 26, б).

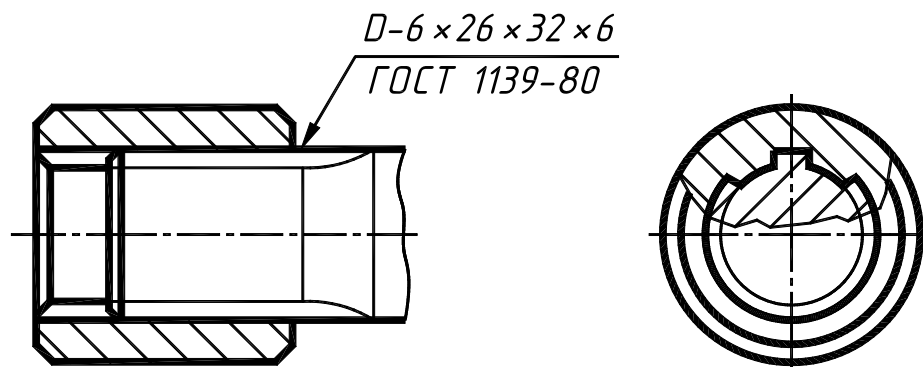


Рис. 27. Соединение зубчатое (шлицевое)

В продольных осевых разрезах зубчатого соединения показывают только ту часть поверхности выступов отверстия втулки, которая не закрыта валом. Радиальный зазор между зубьями и впадинами вала и отверстия втулки не показывают.

Линии штриховки в продольных разрезах или сечениях деталей зубчатых соединений проводят до линий впадин, в поперечных разрезах и сечениях – до линий выступов. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев зубчатого вала (рис. 26, *а*) изображают:

1) на видах, параллельных продольной оси, – сплошными тонкими линиями; при этом сплошная тонкая линия поверхности впадин должна пересекать линию границы фаски;

2) в продольных разрезах вала и отверстия втулки образующие поверхностей впадин проводят сплошными основными линиями;

3) в поперечных разрезах и сечениях, а также на проекции вала и отверстия втулки на плоскость, перпендикулярную к продольной оси, окружности впадин изображают сплошными тонкими линиями.

Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом проводят сплошной тонкой линией.

Поверхности зубьев вала и втулки могут соприкасаться (центрироваться) по наружному диаметру  $D$  с образованием зазора по внутреннему диаметру (рис. 28, *а*), по внутреннему диаметру  $d$  с образованием зазора по наружному диаметру, (рис. 28, *б*) и боковым сторонам зубьев (рис. 28, *в*).

В условном обозначении прямобочного зубчатого (шлицевого) соединения указывают: систему центрирования втулки относительно вала, число зубьев  $z$ , внутренний диаметр  $d$ , наружный диаметр  $D$  и ширину зуба  $b$  (рис. 26, 27).

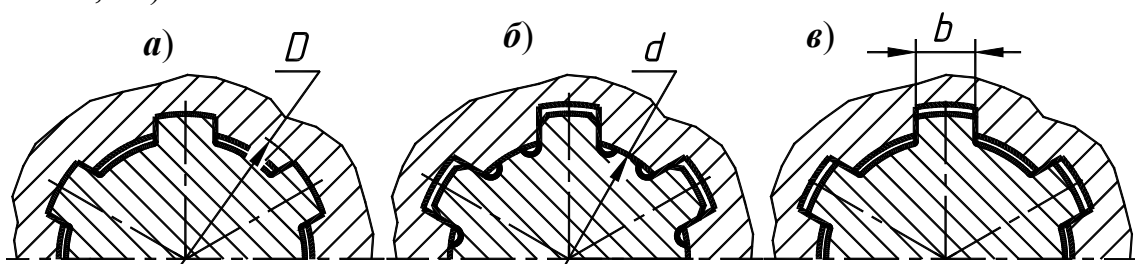


Рис. 28. Способы центрирования

Пример обозначения прямобочного зубчатого (шлицевого) соединения с числом зубьев  $z=8$ , внутренним диаметром  $d=36$  мм, наружным диаметром  $D=40$  мм, шириной зуба  $b=7$  мм:

а) при центрировании по внутреннему диаметру:

$d-8\times36\times40\times7$  ГОСТ 1139-80;

б) при центрировании по наружному диаметру:

$D-8\times36\times40\times7$  ГОСТ 1139-80;

в) при центрировании по боковым сторонам:

$b-8\times36\times40\times7$  ГОСТ 1139-80.

### 3.2. Неразъемные соединения

К числу неразъемных соединений деталей относятся соединения при помощи сварки, заклепок, пайки и склеивания.

Соединения деталей путем сварки широко применяются в машиностроении. Существует много видов сварки и способов их осуществления, например: ручная дуговая (ГОСТ 5264-80), автоматическая и полуавтоматическая под флюсом (ГОСТ 11533-75), дуговая сварка в защитном газе (ГОСТ 14771-76), контактная сварка (ГОСТ 15878-79) и др. (Подробнее см. ГОСТ 19521-74. Сварка металлов. Классификация).

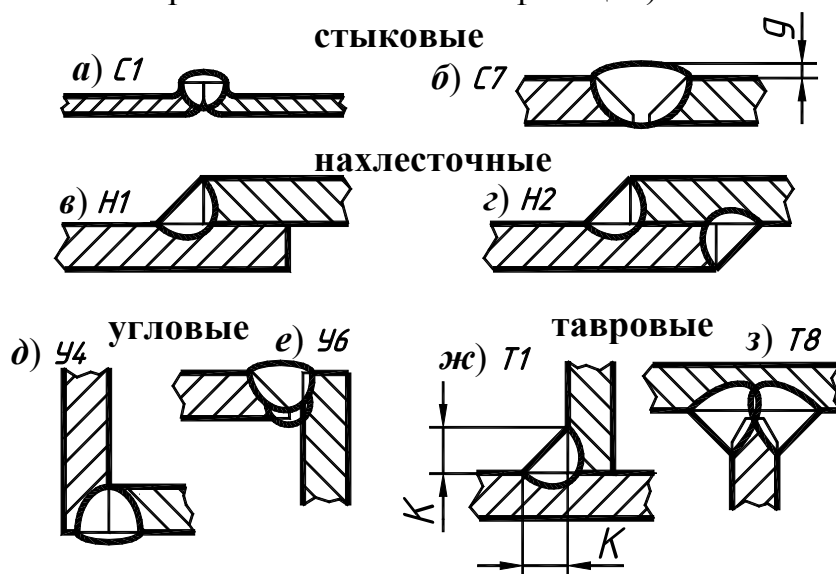


Рис. 29. Сварные соединения

Сварные детали соединяются между собой по-разному. Соединения различаются: **стыковые** (рис. 29, *а, б*), **нахлесточные** (*в, г*), **угловые** (*д, е*), **тавровые** (*жс, з*). Их обозначают первыми буквами – С, Н, У, Т соответственно. Кромки свариваемых деталей могут быть подготовлены: с отбортовкой (*а*), без скосов (*в, г, д, жс*), со скосом одной кромки (*е*), со скосом обеих кромок (*б*), с двумя симметричными скосами одной кромки (*з*) и др. Шов может быть односторонним (*а, б, в, д, жс*) и двусторонним (*г, е, з*). На чертежах к буквенному обозначению добавляют цифровые: С1, С2, С3, ...; Н1, Н2, Н3, ...; У1, У2, У3, ...; Т1, Т2, Т3, ..., характеризующее вид подготовки кромок и интервал толщины свариваемых деталей. Например, рис. 29: *а* – стыковое соединение с отбортовкой кромок, толщина свариваемых листов 1...4 мм – С1; *б* – то же со скосом обеих кромок, толщина 3...60 мм – С7; *в* – нахлесточное соединение без скоса кромок, толщина 2...60 мм, шов односторонний – Н; *г* – нахлесточное соединение такое же, но шов двусторонний – Н2; *д* – угловое соединение без скоса кромок, толщина листов 1...30 мм – У4 и т.д. (Подробные сведения см. ГОСТ 5264-80).

В условном обозначении шва могут быть применены следующие знаки (рис. 30): № 1 – при выполнении шва по замкнутой линии; № 2 – при выполнении шва по незамкнутой линии; № 3 – если требуется усиление шва (рис. 29, *б*) снять (механической обработкой); № 4 – когда требуется наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу; № 5 – когда требуется показать размер катета (*К*) поперечного сечения шва (рис. 29, *ж*) в нахлесточном и тавровом соединениях; № 6 – для прерывистого шва с цепным расположением провариваемых участков с указанием длины провариваемого участка и шага; № 7 – для прерывистого шва с шахматным расположением провариваемых участков; № 8 – когда сварку осуществляют на монтаже изделия. Знаки выполняют тонкими линиями. Высота знака одинакова с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

№ знака	1	2	3	4	5	6	7	8
Знак	○	□	⊖	⌢	△	/	Z	┐

Рис. 30. Вспомогательные знаки

В условное обозначение шва может быть включено буквенное обозначение способа сварки. Например, сварку автоматическую обозначают *А*, полуавтоматическую – *П* (ГОСТ 11533-75), контактную точечную – *Кт*, шовную – *Кш* (ГОСТ 15878-79), сварка в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного материала – *ИН*, в углекислом газе плавящимся электродом – *УП* (ГОСТ 14771-76) и др.

Условное обозначение стандартных сварных соединений, согласно ГОСТ 2.312-72, наносится по схеме (рис. 31): 1 – место нанесения знаков № 1 и 8; 2 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений; 3 – буквенно-цифровое обозначение шва; 4 – условное обозначение способа сварки; 5 – знак и размер катета; 6 – для прерывистого шва размер длины провариваемого участка – знак № 6 или № 7 и размер шага; 7 – знак снятия усиления шва или плавного перехода или знак № 2 и параметр шероховатости обработанного шва; 8 – место указания номера и количества одинаковых швов.

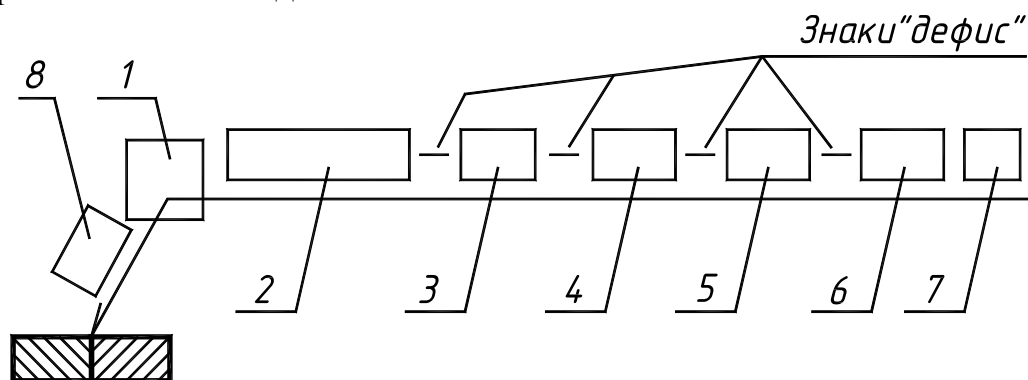


Рис. 31. Структура условного обозначения стандартного шва

В зависимости от условий сварки из условного обозначения могут быть исключены те или иные его структурные составляющие.

Согласно ГОСТ 2.312-72 видимые швы сварных соединений независимо от способа сварки условно изображаются сплошной основной линией, а невидимые – штриховой (рис. 32).

На рис. 32 слева изображена форма поперечного сечения швов, условное обозначение которых Т1 и Н1.

Одиночные сварные точки обозначаются знаком <+> высотой и шириной 5...10 мм, толщина линий  $S$  (0,5...1,4 мм). Невидимые сварочные точки не изображаются. Условное обозначение шва наносят на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны или под полкой линии-выноски, проводимой от оборотной стороны (рис. 32). (За лицевую сторону одностороннего шва принимают сторону, с которой производят сварку). Линию-выноску начинают односторонней стрелкой.

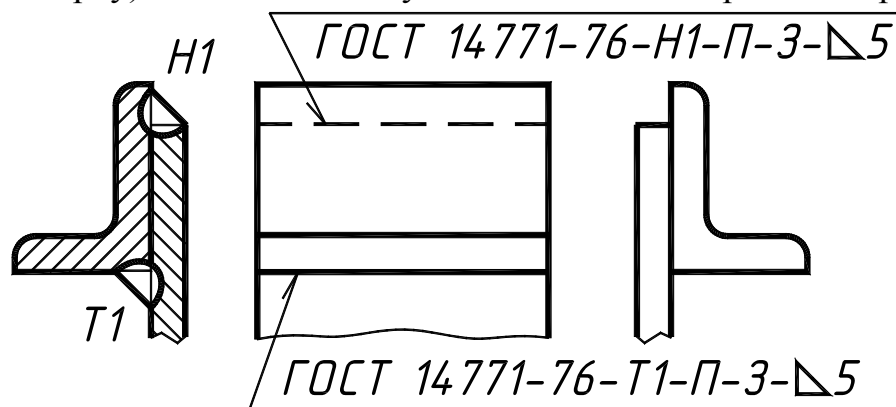


Рис. 32. Нанесение условных обозначений сварных швов

При наличии одинаковых швов обозначение наносят у одного изображения, а у остальных проводят линии-выноски с полками для указания номера шва (рис. 33) или без полок, если все швы одинаковы.

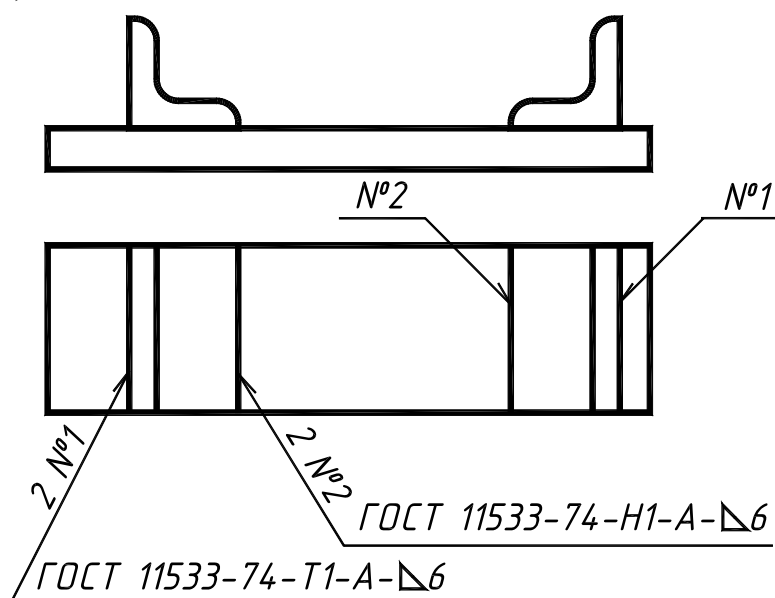


Рис. 33. Обозначение одинаковых швов

При наличии на изображении оси симметрии допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изделия (рис. 34).

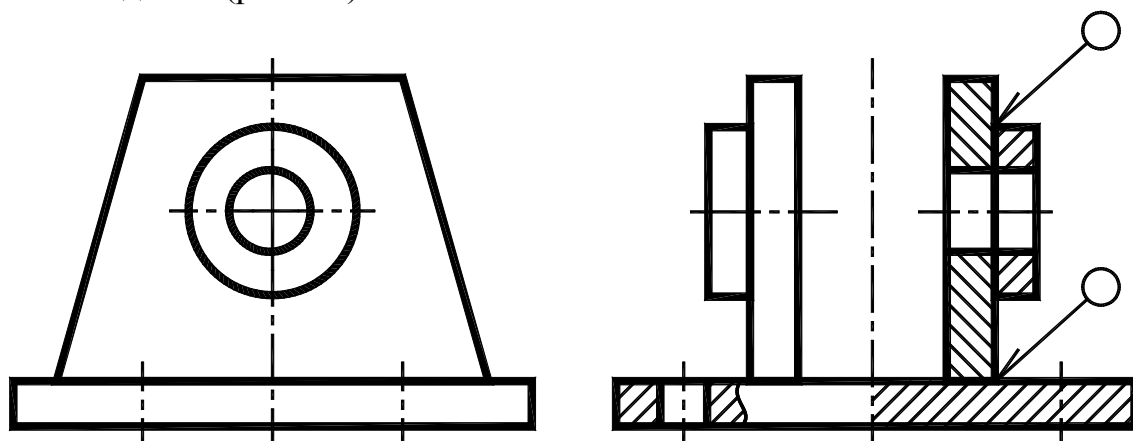


Рис. 34. Обозначение швов на симметричном изделии

Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам, и сварочные материалы указываются в технических требованиях, например:

1. Электроды типа Э46 ГОСТ 9467-75;
2. Сварные швы ГОСТ 5264-80–Т1 –  $\Delta 6$  мм.

Примеры обозначения швов: на рис. 30 приведены обозначения швов, выполненных электродуговой полуавтоматической сваркой в защитном газе плавящимся электродом ГОСТ 14771-76 нахлесточного соединения (верхний шов) и таврового соединения (нижний шов). Величина катета обоих швов 5 мм. На рис. 31 шов № 1 – шов таврового соединения, а шов № 2 – нахлесточного. Оба шва выполнены автоматической сварки под слоем флюса, катет шва 6 мм.

Соединение деталей при помощи заклепок показано на рис. 35. **Заклепка** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце. Заклепку вводят в отверстие, просверленное в соединяемых деталях, и расклепывают ее конец специальным клепальным молотком.

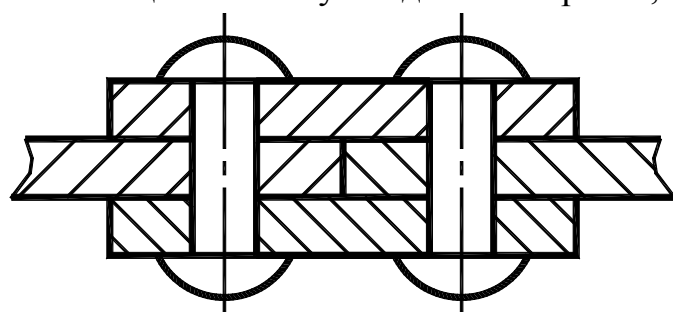


Рис. 35. Соединение заклепками

и расклепывают ее конец специальным клепальным молотком. Наиболее широко применяются заклепки с полукруглой головкой ГОСТ 10299-80 (см. рис. 35). Сведения о материалах, конструкции и обозначении заклепок приведены в [5, с. 245].

**Пайка** – процесс соединения материалов, находящихся в твердом состоянии, с помощью припоя, имеющего более низкую температуру плавления. Основные типы и параметры паяных соединений устанавливает ГОСТ 19249-73.

**Склеивание** – процесс образования неразъемного соединения различными видами клея. Склеивание применяют преимущественно для соединения разнородных материалов, для слабо нагруженных деталей. Для большинства соединений необходим нагрев и сжатие склеиваемых деталей.

ГОСТ 2.313-82 устанавливает условное изображение и обозначение соединений, получаемых пайкой и склеиванием. Как в том, так и в другом случаях место соединения на видах и разрезах изображают сплошной линией толщиной  $2S$  (1,2 ... 3 мм). В отличие от сварных соединений расположение паяных и клееных швов указывают на чертежах линией-выноской с двусторонней стрелкой. На линии-выноске ставят знак пайки (рис. 36, *а*) или склейки (рис. 36, *б*), выполняемый основными линиями. В случае необходимости на изображении паяного соединения указывают размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

Обозначение припоя или клея (клеящего вещества) приводят в технических требованиях чертежа записью по типу:

*ПОС40 ГОСТ 21931-76* или *Клей БФ2 ГОСТ 12172-74.*

Марки припоев и клеев, их применение и назначение можно найти в [1, с. 277;]. Швам, выполненным припоями или клеями одинаковой марки, присваивают один порядковый номер, который наносят на линии-выноске.

Швы, выполняемые по замкнутой линии, следует обозначать окружностью диаметром 3...5 мм, выполняемой тонкой линией (рис. 36, *в*).

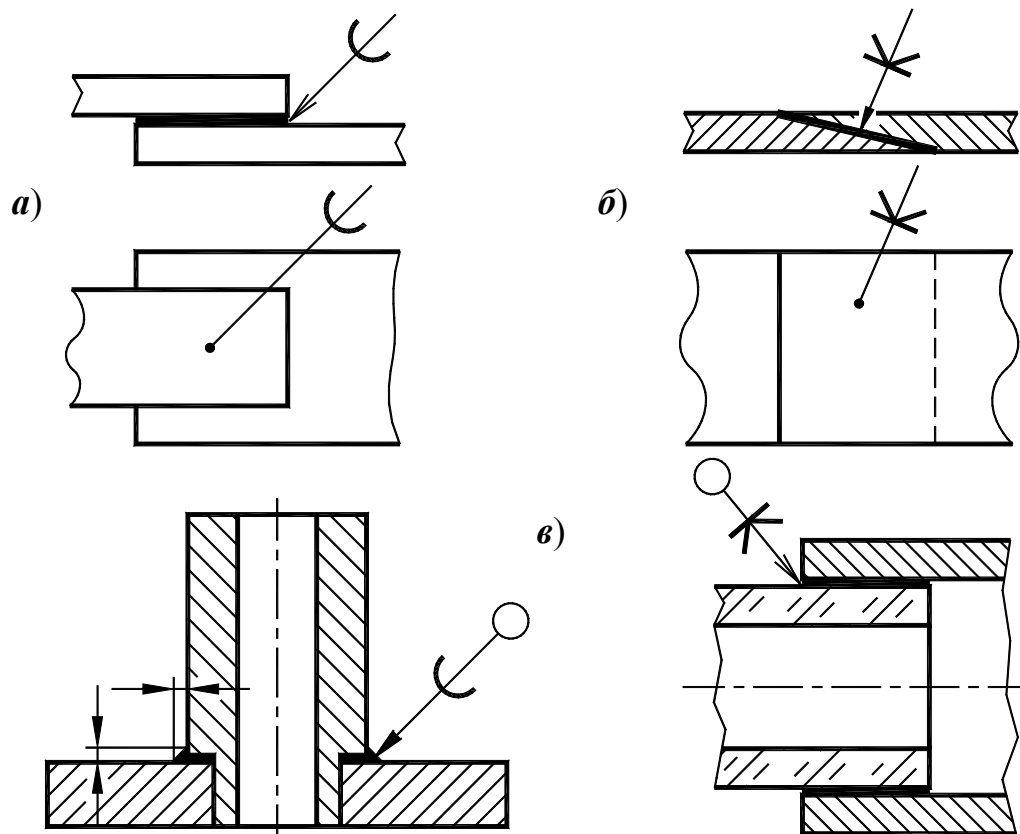


Рис. 36. Соединения паяные и клеевые

## 4. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

### 4.1. Основные определения

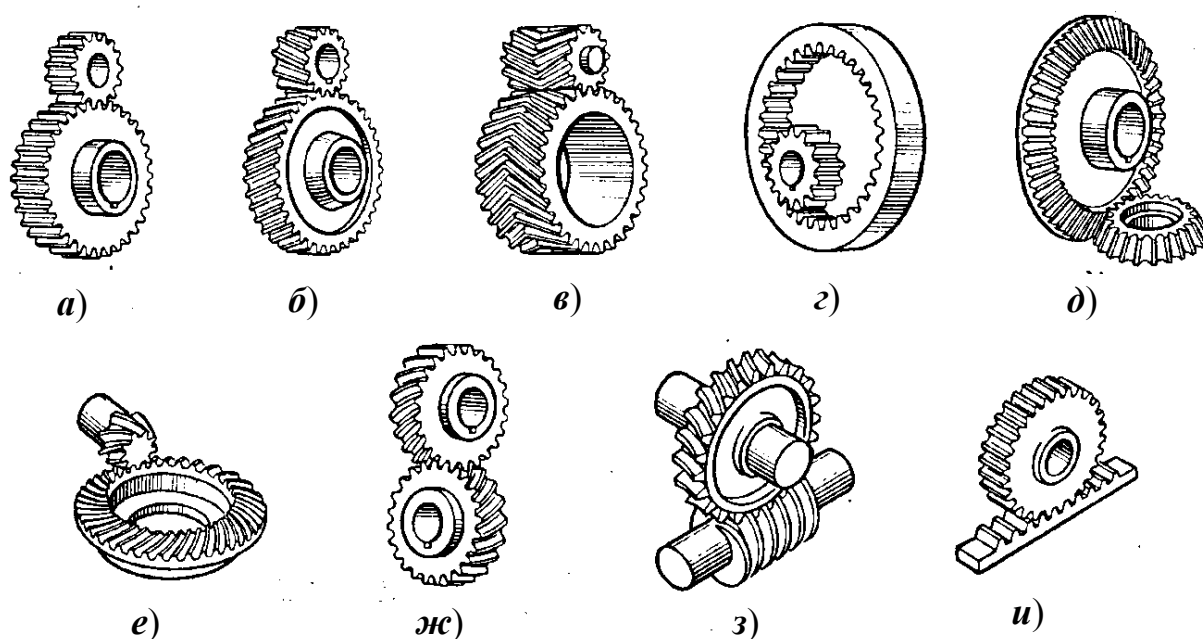
\* **Механизм** – система подвижно соединенных между собой тел (звеньев), совершающих под действием приложенных сил определённые движения.

\* **Передача** – механизм, осуществляющий передачу вращательного движения или его преобразование. Совокупность деталей, с помощью которых передается вращательное движение от одного вала к другому.

\* **Зубчатая передача** – кинематическая пара, образованная зубчатыми колесами, зубья которых при последовательном соприкосновении между собой передают заданное движение от одного колеса к другому.

\* **Зубчатое колесо** – деталь зубчатой передачи в виде диска с зубьями, входящими в зацепление с зубьями другого колеса. В зацеплении двух зубчатых колес одно из колес называется **шестерней** (с меньшим числом зубьев или ведущее), другое – зубчатым колесом (с большим числом зубьев или ведомое).

\* **Ведущее зубчатое колесо** – зубчатое колесо передачи, которое получает движение через вал, а передает через зубья.



### 4.2. Классификация зубчатых передач

Рис. 37. Виды зубчатых передач: *а* – цилиндрическая прямозубая, *б* – цилиндрическая косозубая, *в* – цилиндрическая шевронная, *г* – цилиндрическая с внутренним зацеплением, *д* – коническая прямозубая, *е* – коническая с криволинейными зубьями, *ж* – цилиндрическая винтовая, *з* – червячная, *и* – реечная.

- 1) По взаимному расположению осей колес:  
цилиндрические – оси параллельны (рис. 37, з...з), конические – оси пересекаются (рис. 37, д, е), червячные – оси скрещиваются (рис. 37, з).
- 2) По расположению зубьев относительно образующей колес:  
прямозубые (рис. 37, а), косозубые (рис. 37, б) и шевронные (рис. 37, в).
- 3) По взаимному расположению колес: с внутренним (рис. 37, з) и наружным (рис. 37, а...в) зацеплением.
- 4) По форме профиля зубьев: эвольвентные, циклоидальные и круговые.

В машиностроении широко применяется эвольвентное зацепление.

В пособии рассматриваются зубчатые колеса с эвольвентным профилем, наружным зацеплением, прямозубые, изготовленные (нарезанные) без смещения исходного контура (производящей рейки), когда делительная окружность совпадает с начальной.

### 4.3. Передачи зубчатые цилиндрические

Общие термины, определения и обозначения элементов зубчатых передач устанавливает ГОСТ 16530-83.

В основу определения параметров зубчатого колеса положена **делительная окружность**. Делительными окружностями называются соприкасающиеся окружности пары зубчатых колес, катящиеся одна по другой без скольжения (диаметры  $d_1$  и  $d_2$  на рис. 38).

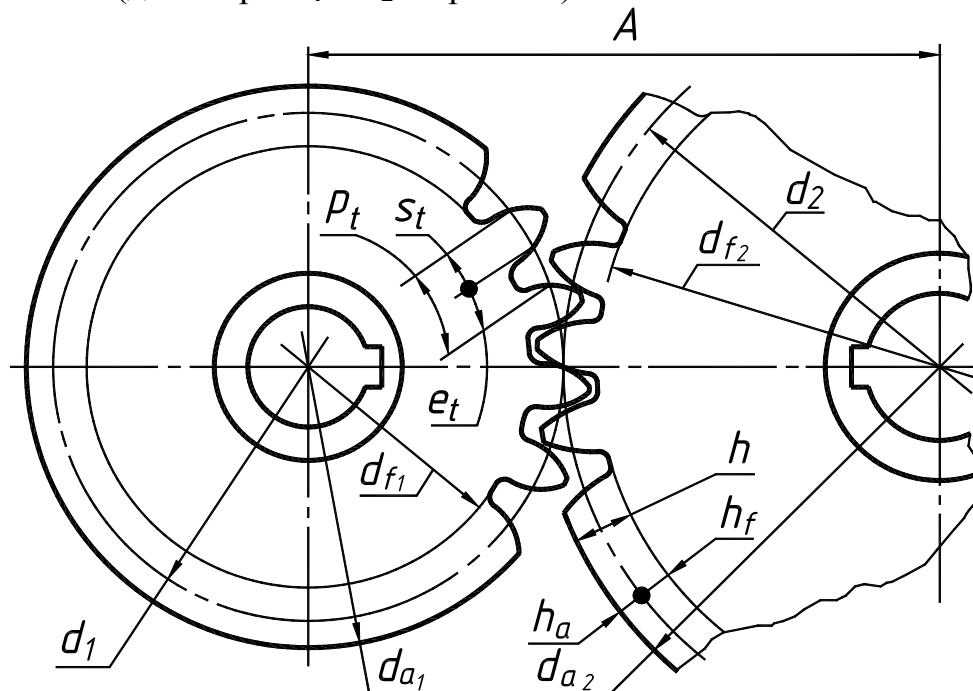


Рис.38. Геометрические параметры цилиндрической зубчатой передачи

Расстояние между одноименными точками профиля соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности, называется **шагом зацепления** ( $p_t$ ).

Отрезки, равные шагу  $p_t$ , делят делительную окружность на  $z$  частей ( $z$  – число зубьев колеса). Делительный диаметр для зубчатого колеса всегда один. Длина делительной окружности зубчатого колеса:  $\pi d = p_t z$  (где  $\pi = 3,14$ ), откуда диаметр делительной окружности  $d = (p_t / \pi) z$ .

Линейная величина, в  $\pi$  раз меньшая шага зацепления, называется модулем и обозначается буквой  $m$ .

Модуль – число миллиметров делительного диаметра, приходящееся на один зуб. Модуль ( $m$ ) и числа зубьев шестерни ( $z_1$ ) и колеса ( $z_2$ ) являются основными расчетными параметрами зубчатой передачи.

Числовые значения модулей зубчатых колес определяет ГОСТ 9563-60, выдержка из которого приведена в табл. 32.

**Таблица 32**

Ряд	Модуль $m$ , мм													
1	0,6	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	16
2	0,7	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7,0	9,0	11	14	18

Диаметр делительной окружности

$$d = m \cdot z. \quad (4.1)$$

Делительная окружность делит высоту зуба  $h$  на две неравные части – головку  $h_a = m$  и ножку  $h_f = 1,25m$ . Полная высота зуба

$$h = h_a + h_f = 2,25m. \quad (4.2)$$

Для мелкомодульных колес (модули менее 1 мм) высота зуба  $h = 2,3m$ , высота ножки  $h_f = 1,3m$ .

Зубчатый венец ограничивается окружностью вершин зубьев диаметром  $d_a$  и окружностью впадин диаметром  $d_f$  (см. рис. 38). Диаметр окружности вершин  $d_a$  больше диаметра делительной окружности на две высоты головки зуба

$$d_a = d + 2m = m(z + 2). \quad (4.3)$$

Диаметр окружности впадин меньше диаметра делительной окружности на две высоты ножки зуба:

$$d_f = d - 2,5m = m(z - 2,5). \quad (4.4)$$

Для мелкомодульных колес диаметр окружности впадин

$$d_f = d - 2,6m = m(z - 2,6). \quad (4.5)$$

Окружная толщина зуба  $s_t$  и окружная ширина впадин  $e_t$  по дуге делительной окружности

$$s_t = e_t = 0,5p_t. \quad (4.6)$$

Межосевое расстояние (А) цилиндрической зубчатой передачи, равно полусумме делительных диаметров зубчатых колес при внешнем зацеплении и полуразности – при внутреннем

$$A = 0,5m(z_1 \pm z_2). \quad (4.7)$$

Радиальный зазор ( $c$ ), расстояние между поверхностью вершин зубьев одного из зубчатых колес передачи и поверхностью впадин другого

$$c = 0,25m. \quad (4.8)$$

К буквенным обозначениям величин, относящихся к шестерне, добавляют индекс «1», например  $z_1$ ,  $d_1$ ,  $d_{a1}$  и т. д., а к обозначениям колеса добавляют индекс «2», например  $z_2$ ,  $d_2$ ,  $d_{a2}$  и т. д.

Формулы для расчета геометрических и конструктивных параметров сведены в табл. 33. Геометрические параметры зубчатых колес необходимо рассчитывать до трех знаков после запятой.

На чертежах, согласно ГОСТ 2.402-68 [7], окружности и образующие поверхностей вершин зубьев на видах деталей показывают сплошными толстыми линиями, окружности и образующие поверхностей впадин показывают сплошными тонкими линиями, а в разрезах – сплошными толстыми линиями. Делительные окружности показывают тонкими штрихпунктирными линиями (рис. 38, 39).

#### 4.3.1. Конструкция цилиндрических зубчатых колес

На рис. 39 приведены конструктивные элементы цилиндрического штампованного зубчатого колеса.

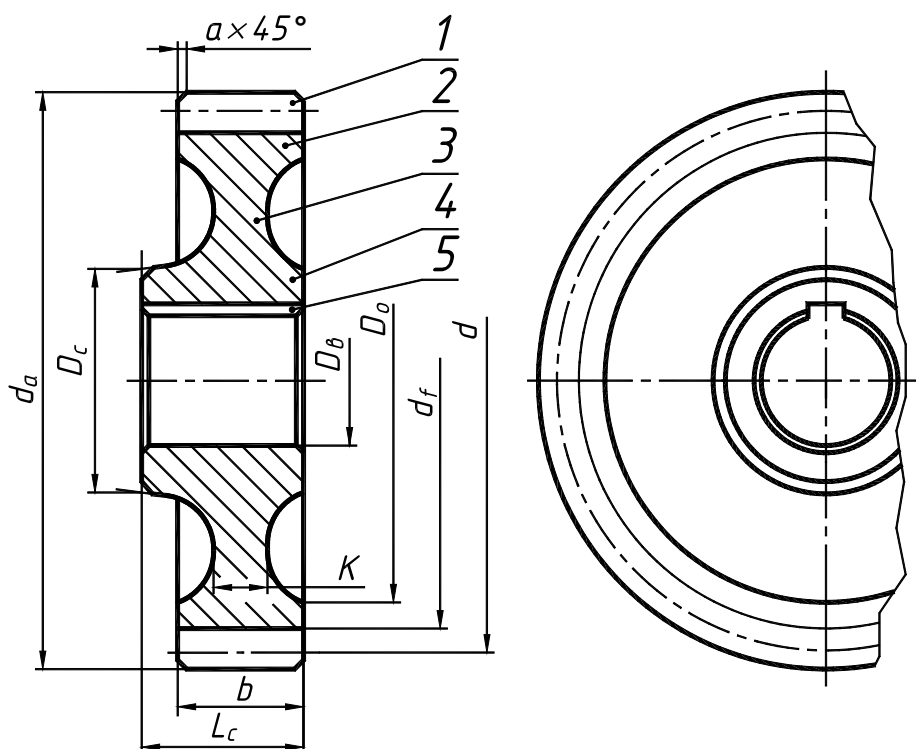


Рис. 39. Конструктивные элементы зубчатого колеса: 1 – зубчатый венец, 2 – обод, 3 – диск, 4 – ступица, 5 – шпоночный паз;  $d_a$  – наружный диаметр,  $d$  – делительный диаметр,  $d_f$  – диаметр впадин,  $D_o$  – диаметр обода,  $D_c$  – диаметр ступицы,  $D_b$  – диаметр вала,  $K$  – толщина диска,  $b$  – ширина зубчатого венца,  $L_c$  – длина ступицы,  $a$  – фаски зубьев

Зубчатые шестерни и червяки обычно изготавливают за одно целое с валом, зубчатые и червячные колеса – только насадными. Шестерни с диаметром окружности впадин  $d_f < 2,5 D_в$  экономически целесообразнее изготавливать как одно целое с валом.

При выполнении графических работ, в учебных целях, зубчатые колеса будем выполнять насадными. Насадные зубчатые колеса с наружным диаметром  $d_a < 150$  мм изготавливают в форме сплошных дисков (рис. 40, а) или с выступающей ступицей (рис. 40, б). Значительно реже колеса делают со ступицей, выступающей в обе стороны. Чтобы уменьшить объем точной обработки резанием, на дисках выполняют выточки глубиной 1...2 мм (рис. 40, а, б). При диаметре  $d_a$  меньше 80 мм выточки не делают. Колеса большего диаметра ( $d_a > 150$  мм) изготавливают дисковой конструкции из штамповок или поковок. Улучшенные и нормализованные колеса выполняют по рис. 40, в. При цементации колеса выполняют по рис. 40, г.

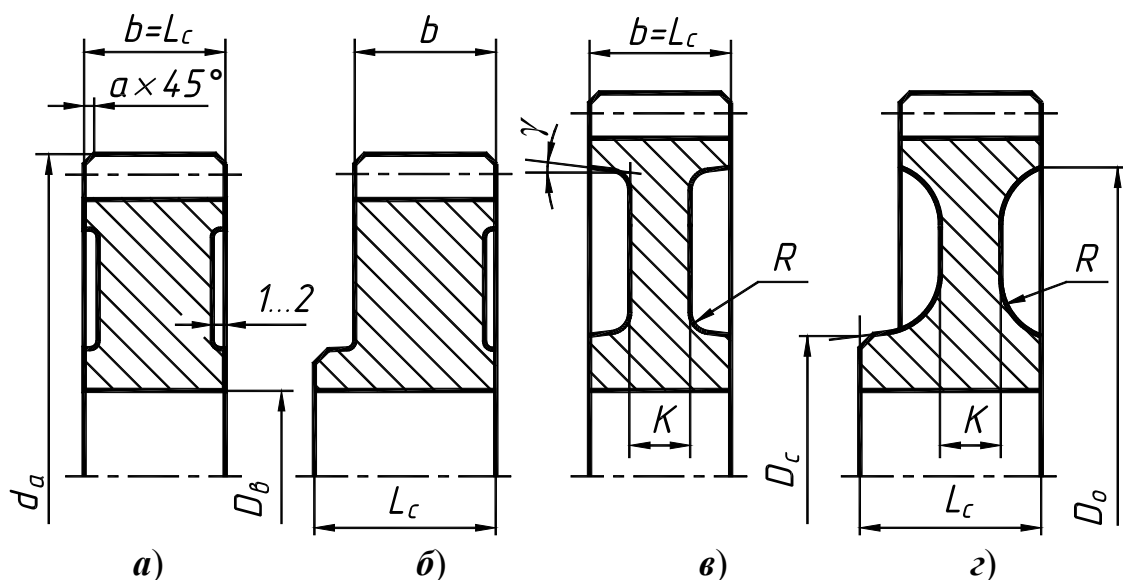


Рис. 40. Конструкция зубчатых колес

1. Ширина зубчатого венца колеса  $b_2 = (6...8)m$ , шестерни  $b_1 = b_2 + 5$  мм.
  2. Внутренний диаметр обода  $D_в = d_a - 8,5m$ .
  3. Толщина диска  $K = (0,3...0,5)b$ .
  4. Длину ступицы ( для стальных колес )  $L_c$  желательно принимать равной ширине зубчатого венца  $b$  при соблюдении условия  $L_c = (0,8...1,5)D_в$ .
  5. Диаметр ступицы  $D_c = 1,5D_в + 10$  мм.
- Если при расчете окажется, что  $D_c$  больше  $D_в$ , то колесо выполняется без выточек.
6. Размер фасок на торцевых кромках зубьев  $a \cong 0,5m \times 45^\circ$ .
  7. Радиусы закруглений  $R = 5...10$  мм, штамповочные уклоны  $\gamma = 5^\circ...7^\circ$ .

Размеры шпоночных пазов и шлицев установлены стандартами: для призматических шпонок – ГОСТ 23360-78 (табл. 28), для сегментных – ГОСТ 24071-97 (табл. 29), для шлицев – ГОСТ 1139-80 (табл. 31)

Размеры шпоночных пазов и шлицев назначают в зависимости от диаметра отверстия, в котором они нарезаются. Значения конструктивных параметров зубчатых колес округляют в соответствии с рекомендациями ГОСТ 6636-69 (номинальные диаметры общего назначения, нормальные линейные размеры) [2].

**Таблица 33**

**Геометрические и конструктивные параметры цилиндрической передачи, мм**

ПАРАМЕТРЫ	Шестерня	Колесо
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ		
Делительный диаметр	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
Высота головки зуба	$h_a = m$	
Высота ножки	$h_f = 1,25m$	
Высота зуба	$h = 2,25m$	
Диаметр вершин зубьев	$d_{a1} = m (z_1 + 2)$	$d_{a2} = m (z_2 + 2)$
Диаметр впадин зубьев	$d_{f1} = m (z_1 - 2,5)$	$d_{f2} = m (z_2 - 2,5)$
Межосевое расстояние	$A = (d_1 + d_2) / 2$	
КОНСТРУКТИВНЫЕ		
Ширина зубчатого венца	$b_1 = b_2 + 5 \text{ мм}$	$b_2 = (6 \dots 8)m$
Внутренний диаметр	$D_{01} = d_{a1} - 8,5m$	$D_{02} = d_{a2} - 8,5m$
Толщина диска	—	$K_2 = 0,3b_2$
Длина ступицы	$L_{c1} = (1,0 \dots 1,5)D_{B1}$	$L_{c2} = (1,0 \dots 1,5)D_{B2}$
Диаметр ступицы	$D_{c1} = (1,6 \dots 1,8)D_{B1}$	$D_{c2} = (1,6 \dots 1,8)D_{B2}$
Размер фасок на торцевых кромках зубьев	$a = 0,5 m \times 45^\circ$	
Уклон поверхности обода и ступицы	—	1: 20

#### **4.3.2. Выполнение чертежа зубчатой передачи**

Чертежи передач представляют собой сборочные чертежи. На сборочных чертежах изображают изделие, состоящее из нескольких деталей, показывая их в собранном виде. Следует иметь в виду, что разрезы смежных деталей штрихуются в противоположные стороны, сплошные детали при продольном рассечении не разрезают и не заштриховывают.

Около изображений деталей на полках линий – выносок наносят номера позиций. Они присваиваются деталям согласно спецификации – таблице, содержащей основные сведения о входящих в изделие деталях.

Вычерчивание цилиндрической передачи следует начинать с нанесения осей шестерни и колеса на расстоянии «А» на главном виде и виде слева.

На виде слева проводят штрихпунктирной линией делительные окружности, касательные одна к другой. Окружности вершин очерчивают сплошной толстой линией (в том числе и в зоне зацепления). Окружности впадин очерчивают сплошной тонкой линией.

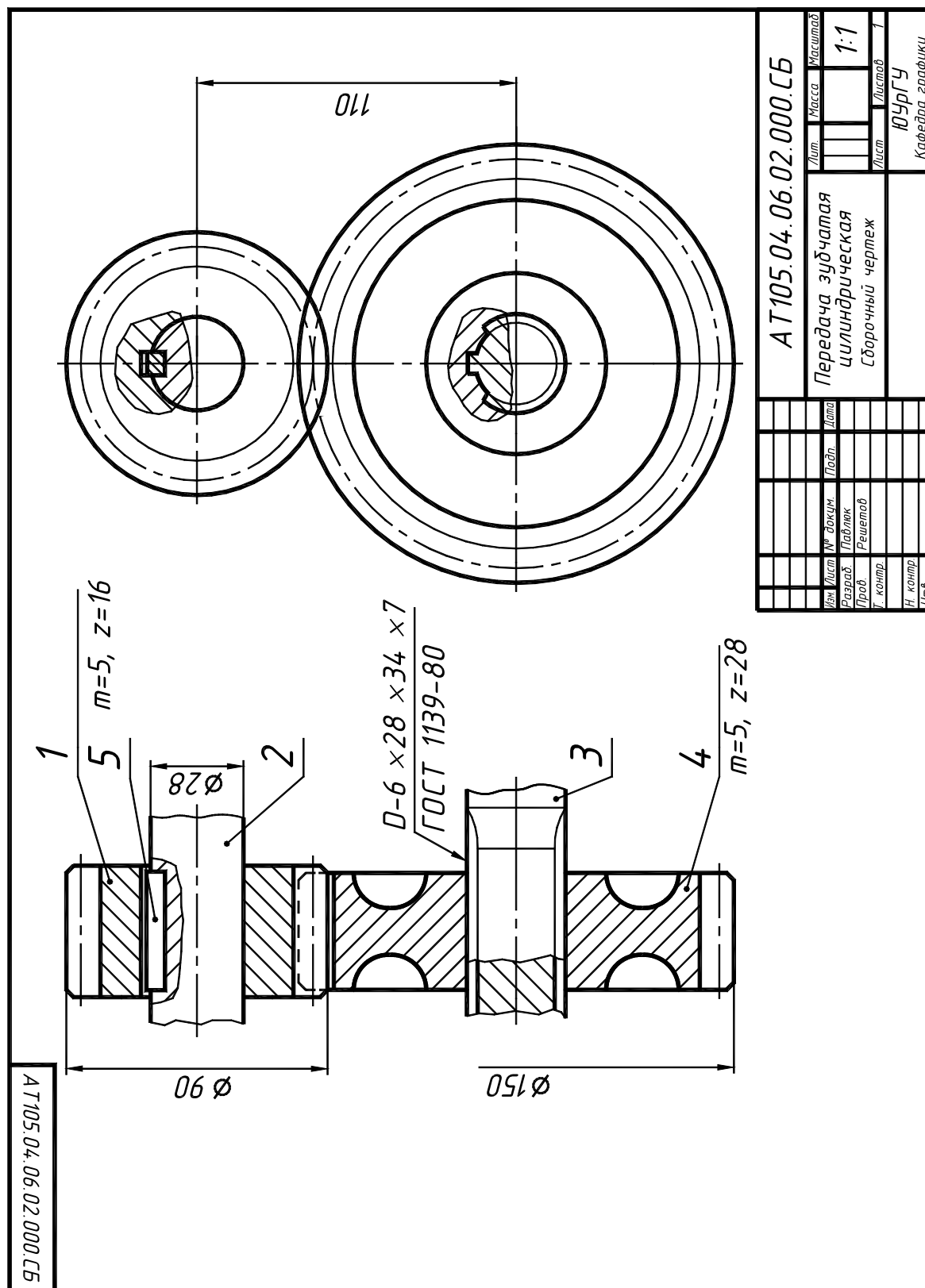


Рис. 41. Пример выполнения чертежа передачи зубчатой цилиндрической

[illegible]

				АТ105.04.06.02.000.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Павлюк				Лит.	Лист
Провер.	Решетов					Листов
						1
Н. контр.					ЮУрГУ	
Утв.					Кафедра графики	

Рис. 42. Спецификация зубчатой цилиндрической передачи

Сплошными тонкими линиями проводят окружности впадин. Окружности вершин зубьев и впадин в зоне зацепления не касаются, а образуют радиальный зазор, равный  $0,25m$ , так как высота головки зуба меньше высоты ножки на ту же величину, показывают шпоночные канавки, шпонки и шлицы, проводят другие линии, определяемые конструкцией колес и валов. При выполнении фронтального разреза зуб шестерни в месте зацепления показывают линиями видимого контура, считая его расположенным впереди. Дно впадины колеса проводят сплошной толстой линией, а контур зуба колеса в месте зацепления проводят штриховой линией.

Пример выполнения учебного чертежа цилиндрической зубчатой передачи приведен на рис. 41, спецификация сборочного чертежа зубчатой передачи приведена на рис. 42. Чертеж передачи содержит два изображения: главное изображение и вид слева. Главное изображение представляет собой фронтальный разрез. Валы и шпонка на нем не разрезаны, так как секущая плоскость проходит вдоль них. Чтобы показать соединение шпонки с валом, выполнен местный разрез.

## 5. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ)

Поверхность детали после механической обработки не бывает абсолютно гладкой, так как режущий инструмент оставляет на ней следы в форме микронеровностей – выступов и впадин (рис. 43).

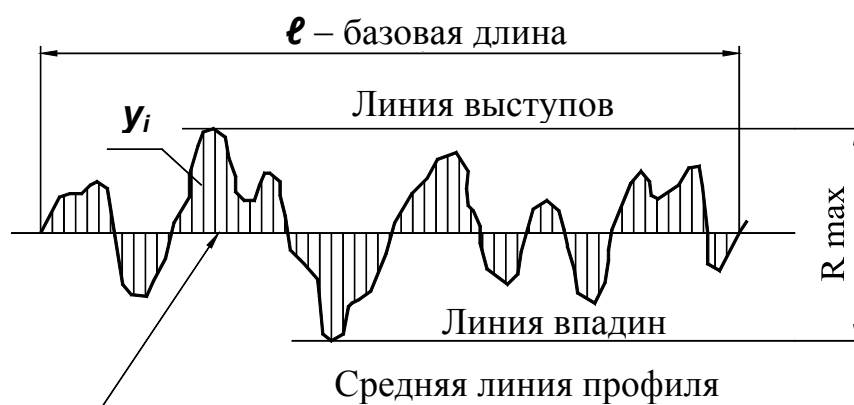


Рис. 43. Профилограмма реальной поверхности

Шероховатость поверхности характеризуется величиной микронеровностей реальной поверхности (в мкм), определяющей ее отклонение от идеально гладкой поверхности. Качество поверхности по ГОСТ 2789-73 оценивается шестью параметрами, В учебных чертежах используют только два из них:

**Ra** – среднее арифметическое отклонение профиля, т. е. среднее арифметическое значение ординат  $y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине;

**Rz** – высота неровностей профиля по десяти точкам, т. е. сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

Параметр **Ra** предпочтительнее. При выполнении учебных эскизов и чертежей рекомендуются следующие значения этого параметра:

**50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4** мкм.

Шероховатость поверхностей обозначается на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия независимо от методов их образования. В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рис. 44 в соответствии с ГОСТ 2.309-73. Высота знака **h** должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте размерных чисел. Высота **H** равна **(1,5...5) h**. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной толстой линии, применяемой на чертеже.

В обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак по рис. 44, **а**.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала: точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием и т.д., применяют знак по рис. 44, **б**.

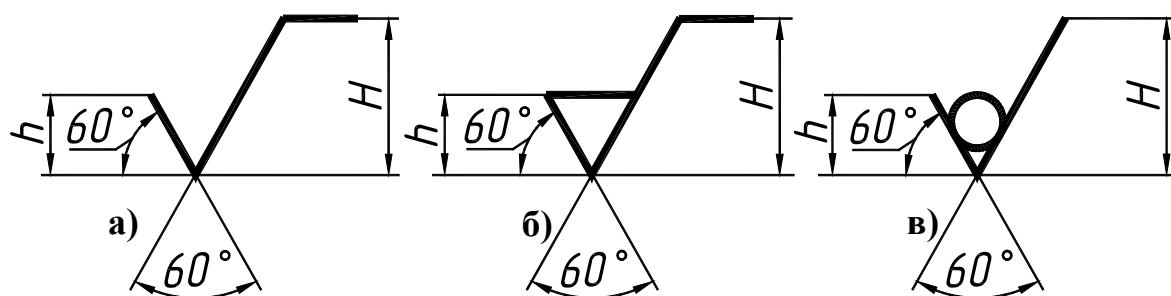


Рис. 44. Знаки шероховатости поверхности

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, например, литьем, ковкой, штамповкой и т. п., а также поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу (сохраняемые в состоянии поставки), применяют знак по рис. 44, **в**.

### Правила обозначения шероховатости поверхностей на чертежах (ГОСТ 2.309-73)

1. Знаки шероховатости на изображении изделия располагают:
  - на выносных линиях между контуром детали и размерными линиями;
  - на полках линий-выносок;
  - на размерных линиях или их продолжении;
  - на линиях контура поверхности по возможности ближе к размерной линии, относящейся к данной поверхности.

2. Знаки шероховатости всегда наносят со стороны обработки поверхности. При любом положении знака длинная его сторона должна быть справа по отношению к наблюдателю, находящемуся в вершине угла.

Высота цифр значения шероховатости равна высоте цифр размерных чисел на поле чертежа.

3. При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 46, а). Размеры и толщина линий знака в правом верхнем углу чертежа приблизительно в полтора раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении изделия.

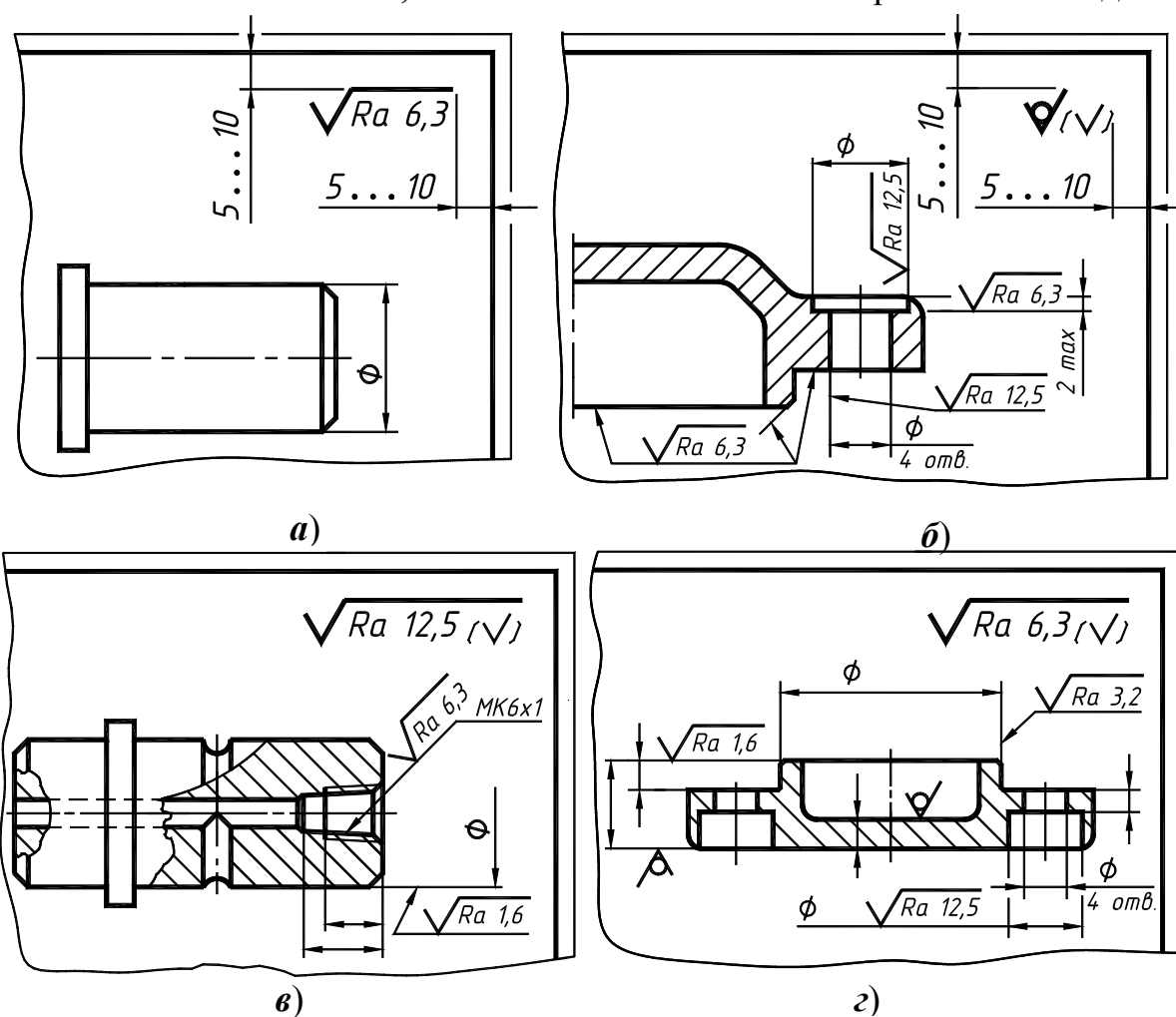


Рис. 45. Примеры простановки знаков шероховатости поверхностей

4. В случае одинаковой шероховатости большей части поверхности детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение знака в скобках, которые означают, что все поверхности, не имеющие на чертеже знаков шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед скобкой (рис. 45, в, г). Размеры знаков в скобках и на изображении – одинаковы; размер знака перед скобкой увеличивается в 1,5 раза, утолщается и линия знака.

5. Если большинство поверхностей изделия не обрабатываются по данному чертежу, то на это указывает знак, помещенный в правом верхнем углу чертежа. При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки (рис. 45, б).

Если какая-либо поверхность детали не обрабатывается по чертежу, то обозначение ее шероховатости наносят и на ее изображении (знаки без полки рис. 45, з).

6. Пример обозначения шероховатости поверхности отверстия со шпоночным пазом приведен на рис. 46, а.

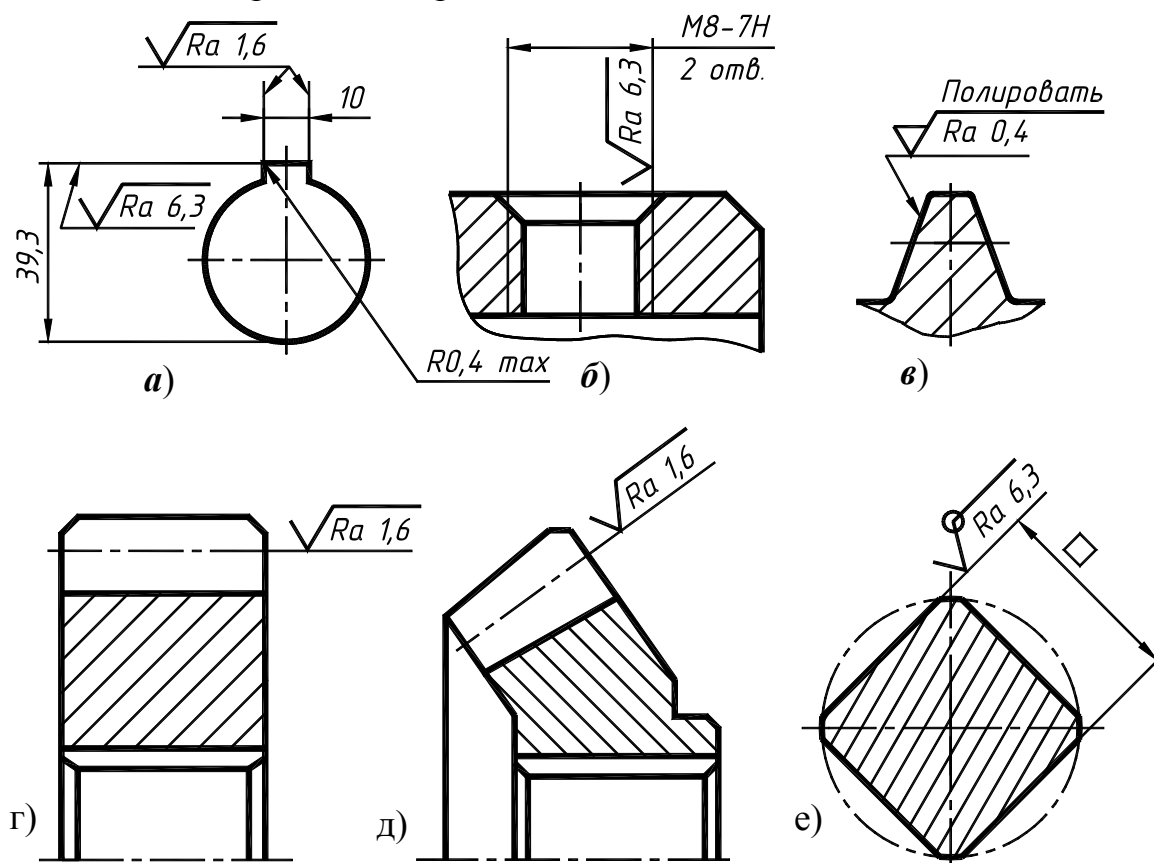


Рис. 46. Примеры простановки знаков шероховатости поверхностей

7. Обозначение шероховатости поверхности одинаковых элементов деталей (отверстий, пазов, зубьев, ребер и т. п.), количество которых указано на чертеже, наносится один раз независимо от числа изображений (рис. 45, б).

8. Пример обозначения шероховатости поверхности зубьев колес показан на рис. 46, в, з, д.

9. Обозначение шероховатости профиля резьбы наносят, как показано на рис. 45, в и рис. 46, б.

10. Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят в соответствии с рис. 46, е.

Примеры обозначения шероховатости поверхностей в зависимости от их конструктивного назначения приведены в табл. 34. Подробнее о нанесении шероховатости поверхностей на чертежах изложено в [9].

**Таблица 34**

**Примерное значение шероховатости поверхности в зависимости от ее конструктивного назначения**

Вид поверхности	$Ra$ , мкм
Поверхности заготовок (литых, штампованных, кованных) в состоянии поставки, не прошедшие механической обработки и не определяемые данным чертежом	✓
Нерабочие торцы валов, отверстия под болты, опорные поверхности станин, кронштейнов, кожухов	$\sqrt{Ra\ 12,5}$
Канавки, фаски, галтели на валах и колесах, нерабочие поверхности зубчатых колес и шпоночных пазов на валах, опорные поверхности под головки болтов (гаек), боковая поверхность витков резьбы грубого класса точности	$\sqrt{Ra\ 6,3}$
Рабочие поверхности шпоночных пазов на валах и нерабочие - колес, торцы ступиц зубчатых и червячных колес, не центрирующие поверхности шлицев на валах и в отверстиях колес, рабочие поверхности шкивов ременных передач, зубьев звездочек цепных передач, боковая поверхность витков резьбы среднего класса точности, поверхности стыка корпуса и крышки редуктора	$\sqrt{Ra\ 3,2}$
Запорные поверхности пробковых кранов, боковые профили зубьев зубчатых колес, гнезда подшипников в корпусах, торцы заплечиков валов для базирования подшипников и зубчатых колес, рабочие поверхности шпоночных пазов в отверстиях колес, центрирующие поверхности шлицев на валах и в отверстиях колес	$\sqrt{Ra\ 1,6}$
Посадочные поверхности валов и отверстий, витки червяков, боковые поверхности шлицев в отверстиях колес	$\sqrt{Ra\ 0,8}$
Поверхности валов под резиновые манжеты	$\sqrt{Ra\ 0,4}$
Поверхности цилиндров поршневых машин, гидроцилиндров	$\sqrt{Ra\ 0,2}$

## **6. ЗАДАНИЯ ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ**

При выполнении заданий проекционного черчения основное внимание уделялось выявлению формы модели и простановке её размеров. Однако чертежи (эскизы) реальных деталей машин согласно требованиям ГОСТ 2.102-2013 кроме изображений и размеров должны содержать указания о шероховатости поверхностей, обозначение материала, технические требования.

Выполнение заданий по машиностроительному черчению следует начинать с изучения материала, указанного в соответствующем разделе пособия. Перед тем, как приступить к выполнению индивидуального задания по своему варианту, необходимо изучить последовательность выполнения работы, приведенные примеры и образцы. Это позволит избежать фатальных ошибок. Например, основная надпись на формате **A4** располагается только вдоль короткой стороны формата. При несоблюдении этого правила чертёж (эскиз) придётся полностью переделать.

### **6.1. Задание № 3. Крепёжные изделия. Соединения резьбовые**

Задание состоит в выполнении эскизов двух крепёжных изделий – болта и гайки (два формата **A4**), сборочного чертежа «Соединения резьбовые» (формат **A3**) и спецификации по ГОСТ 2.106-96 (формат **A4**).

Реальные крепёжные изделия – болт и гайку следует получить в аудитории 596/2 согласно своему варианту.

На сборочном чертеже согласно вариантам задания, приведенным в таблицах 35, 36, 37, вычертить резьбовые соединения деталей: а) болтовое соединение, б) соединение винтом, в) соединение шпилькой, г) соединение трубной резьбой.

#### **6.1.1. Выполнение эскиза болта**

**Эскиз** – чертеж, выполненный чертежным инструментом на ватмане стандартного формата в глазомерном масштабе, с сохранением пропорциональности элементов детали и с соблюдением правил и условностей, установленных стандартами для выполнения чертежей. Эскиз должен содержать изображения детали и другие данные для ее изготовления и контроля (размеры, указания о шероховатости поверхностей, сведения о материале и т. д.).

Процесс выполнения эскиза (чертежа) любой детали состоит из следующих этапов:

1. Ознакомление с формой и размерами детали.
2. Выбор главного изображения и количества изображений (видов и разрезов).
3. Выбор формата листа и масштаба чертежа детали.
4. Компоновка изображений на листе.
5. Нанесение знаков шероховатости.

6. Нанесение размеров.

7. Оформление технических условий и заполнение граф основной надписи.

**Болт** – крепёжное изделие, представляющее собой цилиндрический стержень с шестигранной головкой на одном конце и резьбой для навинчивания гайки на другом. Резьбовой конец стержня имеет фаску под углом  $45^\circ$ . Переход от стержня к головке выполнен по радиусу. Головка имеет фаску под углом  $30^\circ$ .

Эскиз болта должен содержать два изображения – вид спереди, на котором должны быть видны три грани головки, и вид сверху – для выявления формы головки (шестигранной призмы).

Согласно заданию эскиз болта выполняем на формате **A4** в глазомерном масштабе соблюдая пропорции.

Выполнение эскиза следует начинать с нанесения внутренней рамки (слева – 20 мм, сверху, справа и снизу – 5 мм) и границ основной надписи (185×55 мм). Примерно по середине длины основной надписи проводим вертикальную осевую линию (рис. 47).

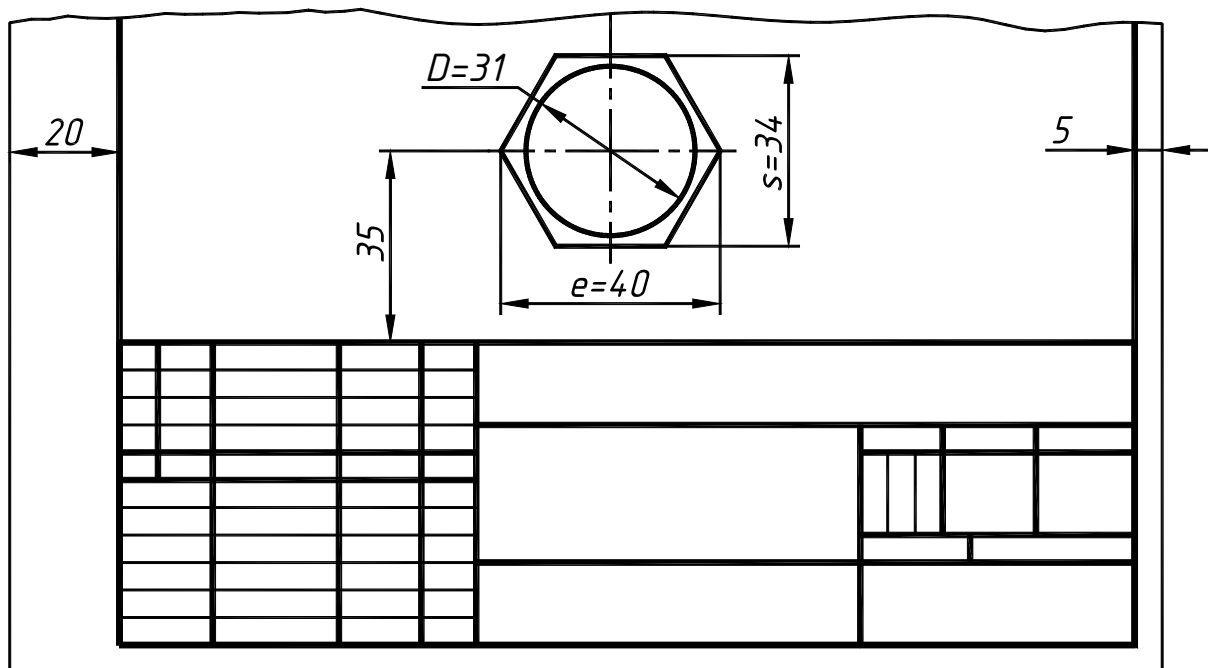


Рис. 47. Вычерчивание вида сверху

Над основной надписью, оставляя место для нанесения размера диаметра описанной окружности, формируем вид сверху – изображаем шестиугольник (горизонтальную проекцию головки). Можно принять  $d=24$  мм, диаметр описанной окружности шестигранной головки –  $e=40$  мм. Из центра шестиугольника проводим окружность фаски.

Диаметр фаски головки  $D=(0,9...0,95)S=0,9\cdot34=31$  мм, где  $S$  – размер под ключ (диаметр вписанной в шестиугольник окружности). Обозначения приведены в табл. 5.

Примерно на 20 мм ниже линии верхней рамки начинаем формировать головку на виде спереди – изображаем прямоугольник шириной  $e=40$  мм и высотой  $k=15$  мм (рис. 48).

Находим фронтальные проекции точек 1 и 2. Из них под углом  $30^\circ$  проводим прямые (образующие конуса) до пересечения с рёбрами призмы в точках 3 и 6. При этом точки пересечения других рёбер призмы с поверхностью конуса (4, 5) будут находиться на линии, соединяющей точки 3 и 6. Полученные точки 3, 4, 5, 6 являются основаниями гипербол, образующихся при пересечении конической поверхности фаски с гранями головки болта.

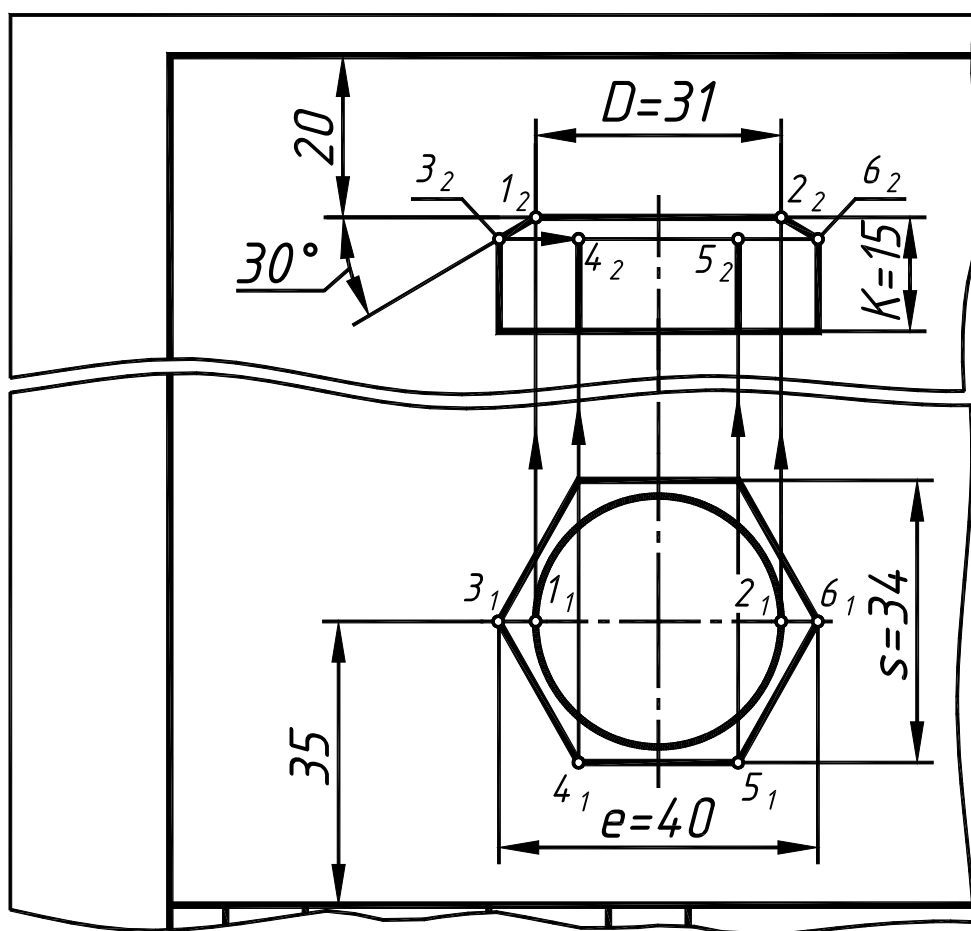


Рис. 48. Вычерчивание вида спереди

Чтобы найти вершины гипербол, проводим на виде сверху вспомогательную окружность, касательную к сторонам шестиугольника, и отмечаем на ней горизонтальные проекции точек касания 7, 9, 10. Фронтальные проекции точек касания 7, 9, 10 найдём с помощью проекционной связи. Эти точки будут вершинами гипербол на виде спереди (рис. 49, а).

Лекальные кривые гипербол условно заменяют дугами окружностей, проведённых через три точки (рис. 49, б). При этом центры этих дуг окружностей располагаются на пересечении перпендикуляров, проведённых через середины отрезков, соединяющих эти точки, например 4, 9 (рис. 50).

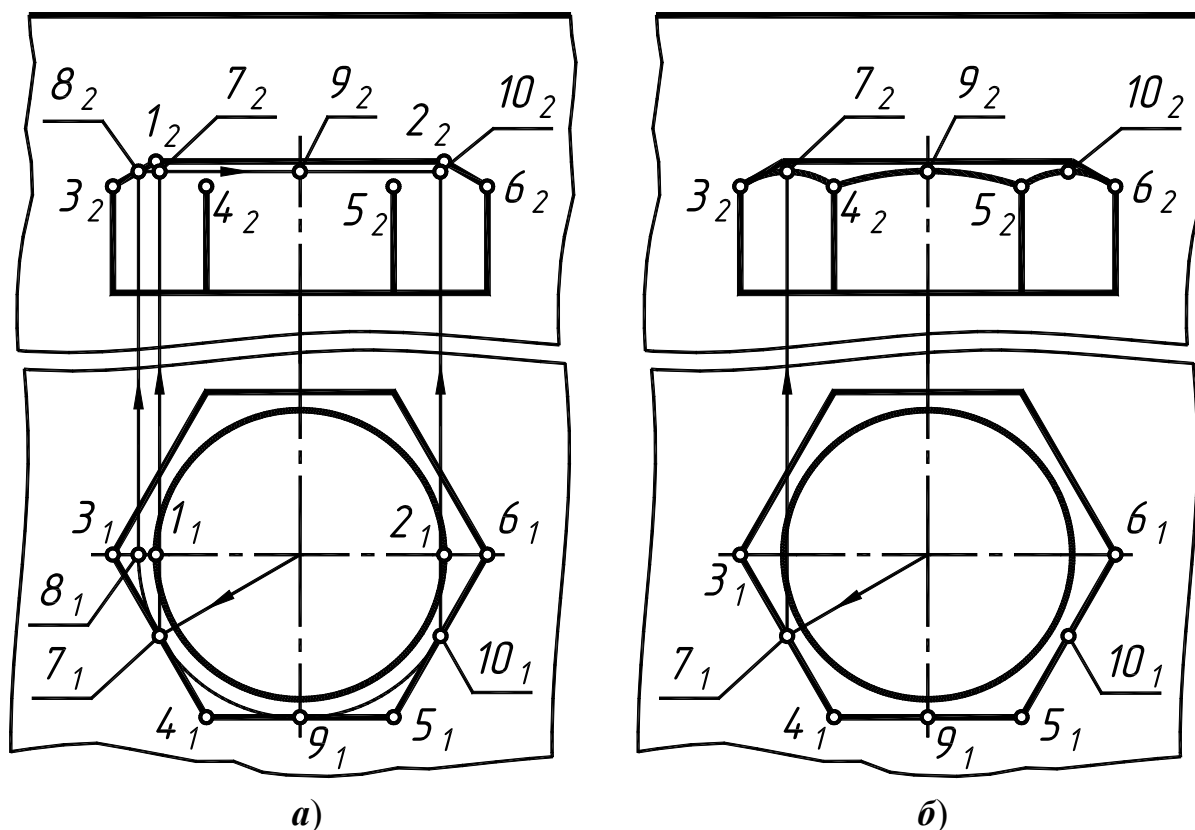


Рис.49. Формирование фаски головки болта

Далее переходим к формированию стержня болта с резьбой и фаской (рис. 51). Наносим тонкие линии резьбы от фаски до границы резьбы, которую выполняем основной сплошной толстой линией.

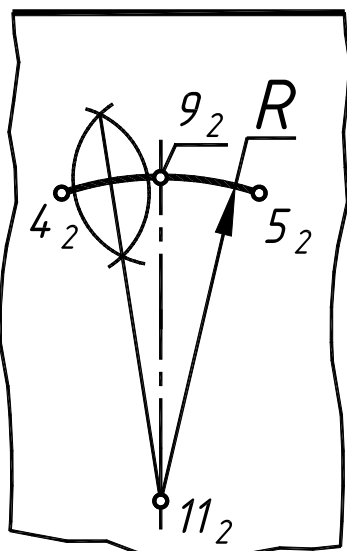


Рис.50. Определение центра дуги

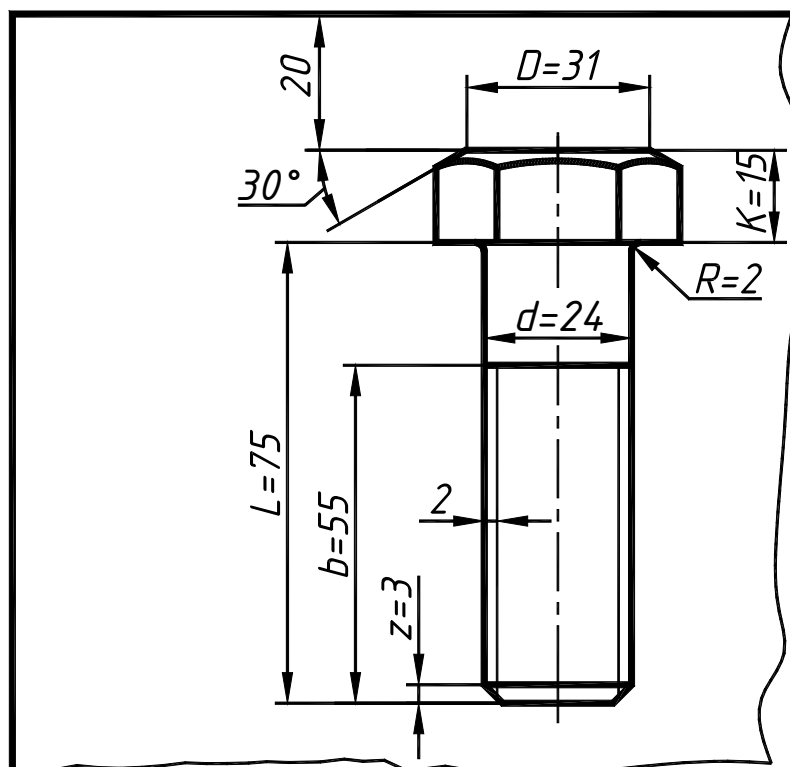


Рис. 51. Формирование стержня болта

Построив изображения, проведя выносные и размерные линии, следует нанести на эскиз знаки шероховатости, ориентируясь на рис. 53 – пример выполнения эскиза болта. Следует обратить внимание на то, что знак одинаковой шероховатости большей части поверхности детали в правом верхнем углу выполняют сплошной основной толстой линией. Размер этого знака и шрифт обозначения шероховатости в 1,5 раза больше знаков шероховатости на поле эскиза (чертежа). Знак в верхнем правом углу должен располагаться не ближе 5 и не далее 10 мм от внутренней рамки формата.

Знак шероховатости, нанесённый на размерной линии наружного диаметра резьбы, относится к её боковому профилю (см. раздел 5).

После простановки знаков шероховатости следует перейти к нанесению размерных чисел конкретного болта. Для этого измеряем с помощью штангенциркуля наружный диаметр резьбы и длину стержня болта (без головки). Принимаем, что болты всех вариантов имеют резьбу с крупным шагом. При необходимости определить шаг резьбы можно с помощью оттиска на бумаге (см. раздел 1.8). Размер фаски на стержне (**z**) определяем по табл. 24 в зависимости от шага резьбы.

Далее по табл. 5 определяем стандартные значения параметров болта и в соответствии с ними наносим размерные числа. Следует обратить внимание на то, что на рис. 52 проставлены размеры реального болта с наружным диаметром резьбы 16 мм и длиной стержня 50 мм.

Далее переходим к заполнению граф основной надписи. Следует заполнить графу материал. Принимаем для всех болтов материал – **сталь 10 ГОСТ 1050-2014**. Этой марке стали соответствует класс прочности **48** (табл. 19). Класс прочности указываем в обозначении болта.

На рис. 52 приведено обозначение болта с наружным диаметром резьбы  $d=16$  мм, длиной  $L=50$  мм, класса прочности **48**, исполнения **1** с крупным шагом, с полем допуска резьбы **8g**, без покрытия.

### **6.1.2. Выполнение эскиза гайки**

Процесс выполнения эскиза гайки состоит из тех же этапов, что и эскиз болта. Знакомясь с формой гайки, замечаем, что это крепёжное изделие представляет собой шестигранную призму, имеющую наружные фаски и резьбовое отверстие с внутренними фасками.

Согласно заданию эскиз гайки выполняем на формате **A4** в глазомерном масштабе соблюдая пропорции. Он должен содержать два изображения: главное изображение – соединение половины вида спереди с половиной фронтального разреза, и вид сверху – для выявления формы шестигранной призмы. На главном изображении должны быть видны три грани призмы.

Изображения шестигранной гайки строят в той же последовательности, что и изображения головки болта (см. рис. 47 – 50). На рис. 53 приведён пример выполнения компоновки изображений эскиза гайки.

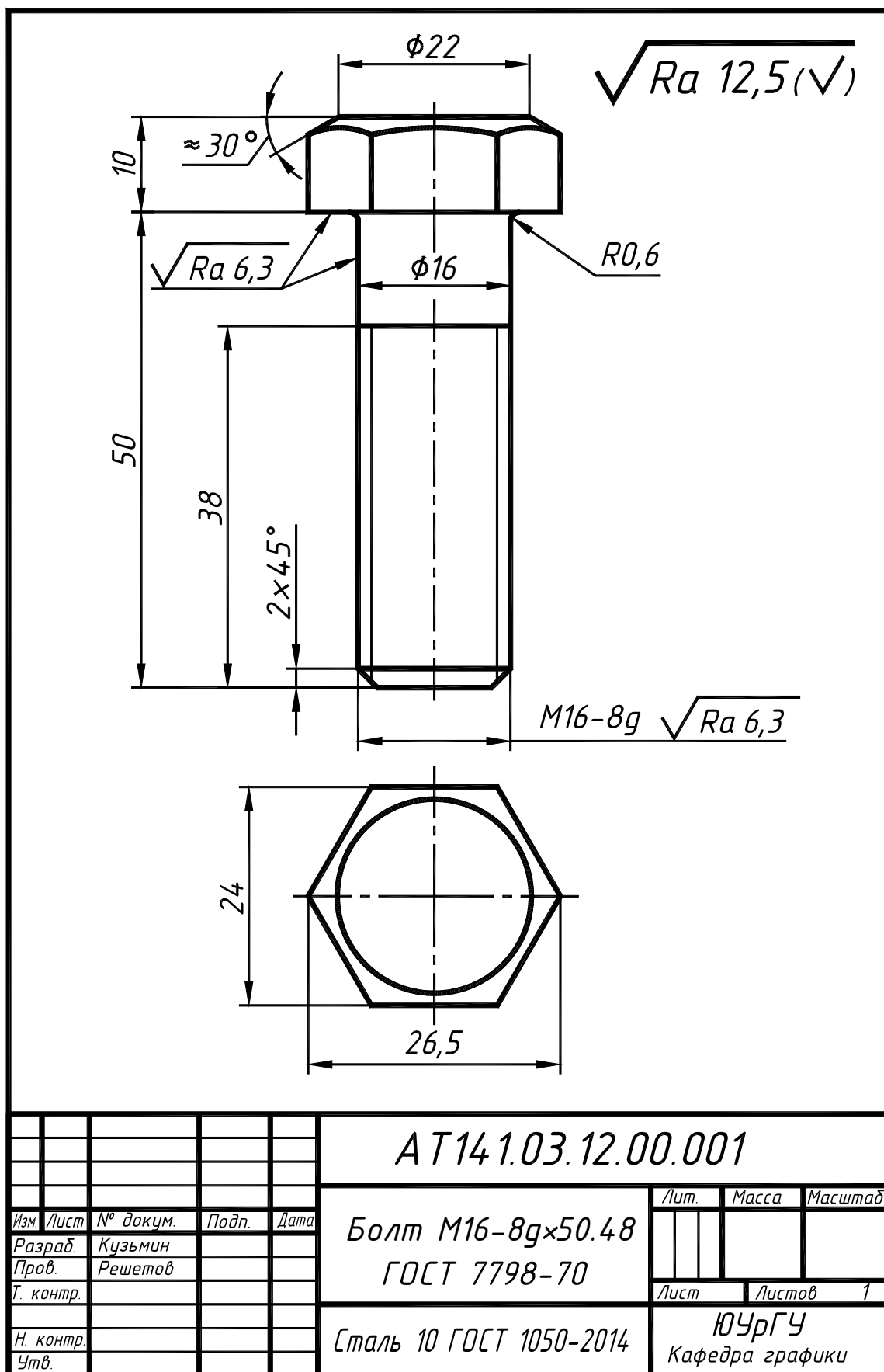


Рис. 52. Пример выполнения эскиза болта

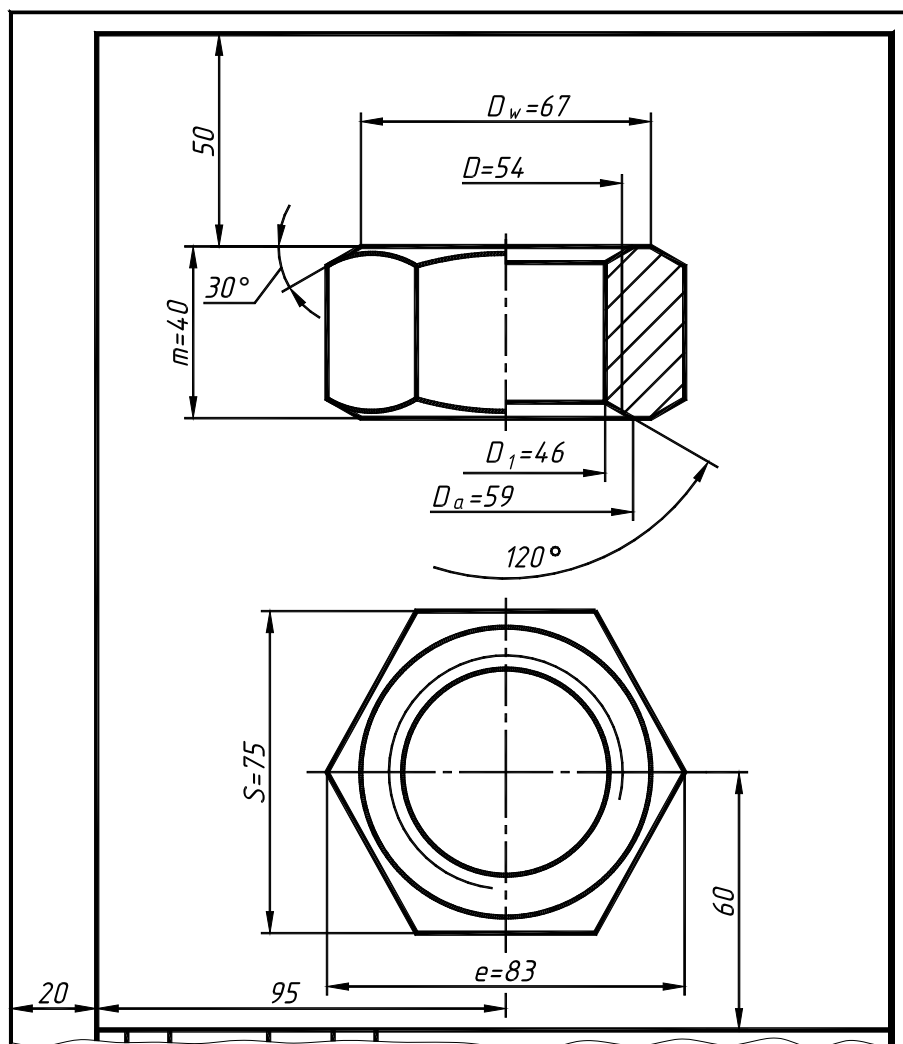


Рис. 53. Пример компоновки изображений эскиза гайки

После построения изображений, нанесения выносных и размерных линий следует перейти к нанесению размерных чисел конкретной гайки. Для этого измеряем с помощью штангенциркуля внутренний диаметр резьбы  $D_1$  и размер под ключ  $S$  (диаметр вписанной в шестиугольник окружности). Принимаем, что гайки всех вариантов имеют резьбу с крупным шагом и полем допуска грубого класса точности ( $7H$ ) и выполнены из стали 10 как и болты. По табл. 2 по внутреннему диаметру резьбы  $D_1$  определяем её наружный диаметр  $D$ . По табл. 8 по размеру под ключ  $S$  определим все параметры конкретной гайки –  $m$ ,  $S$ ,  $e$ ,  $D_w$ ,  $D_a$ . (Использовать два параметра необходимо вследствие того, что гайки с одними тем же диаметром резьбы могут иметь разные размеры под ключ).

На рис. 54 приведён эскиз шестигранной гайки нормальной точности (ГОСТ 5915-70) с наружным диаметром резьбы 16 мм. Следует обратить внимание на знак шероховатости на виде сверху. Диаметр вспомогательного знака – 4...5 мм. Знак одинаковой шероховатости поверхностей, образующих контур. В обозначении гайки 5 – класс прочности – табл. 21.

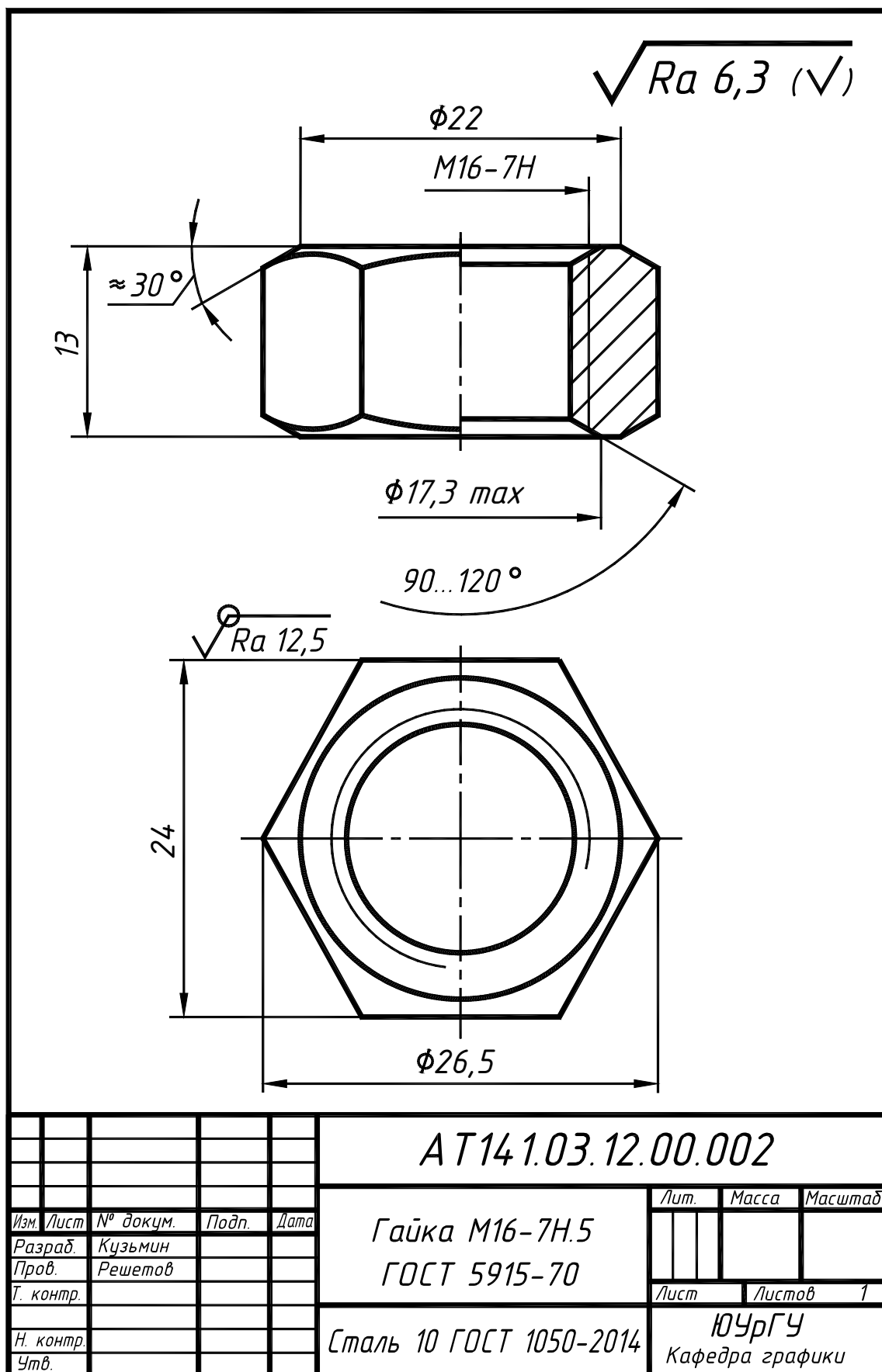


Рис. 54. Пример выполнения эскиза гайки

### **6.1.3. Выполнение сборочного чертежа «Соединения резьбовые»**

На формате А3 согласно вариантам задания, приведенным в таблицах 35, 36, 37, следует выполнить сборочный чертёж, содержащий резьбовые соединения деталей: а) болтовое соединение, б) соединение винтом, в) шпилечное соединение, г) соединение трубной резьбой.

Виды и комплектность конструкторских документов на все изделия устанавливает ГОСТ 2.102-2013. **Сборочный чертёж** – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Код чертежа – **СБ**. Сборочный чертёж является технологическим документом и предназначен для сборки уже имеющихся деталей. Сборочный чертёж сопровождается спецификацией.

Сборочный чертёж задания №3 должен содержать два изображения: главное изображение (полный фронтальный разрез), и вид слева.

На главном изображении головки болтов и гайки располагают таким образом, чтобы к наблюдателю были обращены три грани. Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы при продольном разрезе показывают не рассечёнными (ГОСТ 2. 305-2008, п. 9.6).

Кроме изображений сборочный чертёж должен содержать номера позиций составных частей, входящих в изделие согласно спецификации; габаритные, установочные и присоединительные справочные размеры.

Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей согласно ГОСТ 2.109-73 и ГОСТ 2.316-2008. Один конец линии-выноски, пересекающий линию контура, заканчивается точкой, другой – полкой. Линии-выноски и полки проводят сплошной тонкой линией. Линии-выноски не должны быть параллельны линиям штриховки и не должны пересекаться между собой и с размерными линиями. Полки линий-выносок располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку на одной линии. Размер шрифта номеров позиций должен быть в два раза больше размера шрифта, принятого для размерных чисел чертежа.

Сборочный чертёж должен иметь **спецификацию** – перечень всех деталей с их краткой характеристикой. Спецификация является основным конструкторским документом. Спецификацию выполняют на отдельных листах формата **A4**. Форма и порядок заполнения спецификации установлены ГОСТ 2.106-96. В спецификацию для учебных сборочных чертежей входят следующие разделы: 1) Документация (сборочный чертёж); 2) Детали; 3) Стандартные изделия. Заголовки разделов подчёркивают.

На рис. 55 приведён пример выполнения сборочного чертежа. На рис. 56 приведён пример выполнения спецификации чертежа на рис. 55.

Следует обратить внимание на разные размеры основной надписи чертежа (185×55 мм) и спецификации (185×40 мм).

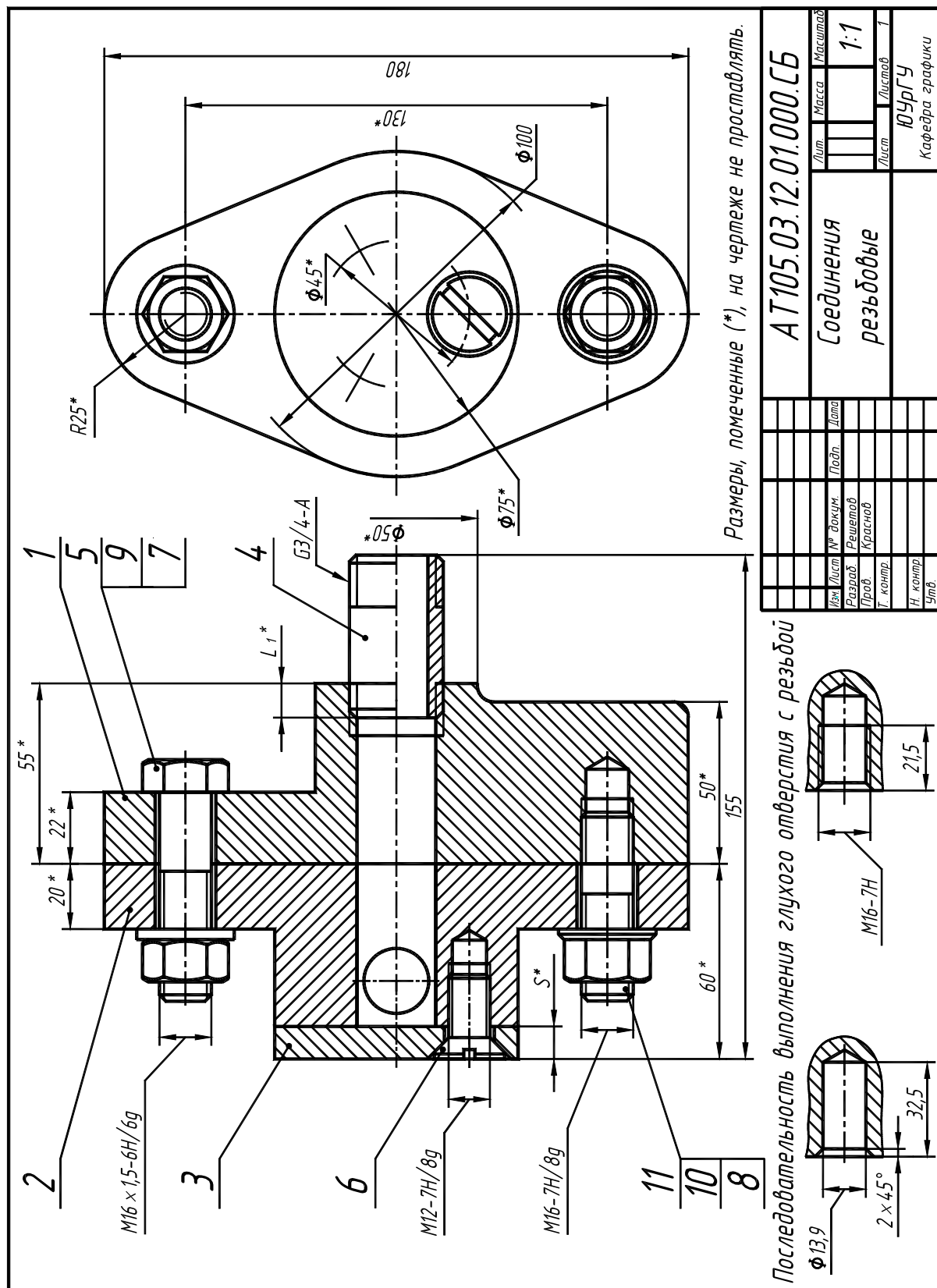


Рис. 55. Сборочный чертёж «соединения резьбовые»

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
А3			АТ105.03.12.01.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	АТ105.03.12.01.001	Корпус	1	
		2	АТ105.03.12.01.002	Фланец	1	
		3	АТ105.03.12.01.003	Крышка	1	
		4	АТ105.03.12.01.004	Труба Р-20х2,8х50	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		5		Болт М16х1,5-6дх65.48.053	1	
				ГОСТ 7798-70		
		6		Винт М12-8дх25.46	3	
				ГОСТ 17475-80		
				Гайка ГОСТ 5915-70		
		7		М16х1,5-6Н.5.053	1	
		8		2М16-7Н.5	1	
				Шайба ГОСТ 11371-78		
		9		16.01.Сталь 10.053	1	
		10		2.16.04	1	
		11		Шпилька М16-8дх45.46	1	
				ГОСТ 22032-76		
			АТ105.03.12.01.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.	
Разраб.	Решетов					
Провер.	Краснов				Листов	
					1	
Н. контр.					ЮУрГУ	
Утв.						
			Соединения резьбовые		Кафедра графики	

Рис. 56. Пример выполнения спецификации

Таблица 35

<b>Соединение деталей болтами</b> <b>Крепежные изделия исполнения 1: Болт ГОСТ 7798-70</b> <b>Гайка ГОСТ 5915-70</b> <b>Шайба ГОСТ 11371-78</b>						
№ вари-анта	Номи-нальный диаметр резьбы болта	Шаг резьбы болта	Класс точности ГОСТ 16093-2004	Марка стали болта, гайки, шайбы	Вид покрытия	Толщина покры-тия, мкм
1	14	Мелкий	Средний	Сталь 10кп	Цинковое хромот.	12
2	20	Крупный	Точный	Ст 3	Никелевое	18
3	16	Мелкий	Средний	Сталь 10	Оловянное	15
4	12	Крупный	Точный	Сталь 20	Окисное про-пит. маслом	12
5	18	Мелкий	Средний	Сталь 10кп	Никелевое	15
6	14	Крупный	Точный	Сталь 35	Оловянное	18
7	16	Мелкий	Средний	Сталь 20	Цинковое	12
8	14	Крупный	Точный	Сталь 45	Кадмиевое хромот.	12
9	18	Крупный	Средний	Сталь 10кп	Оловянное	21
10	12	Мелкий	Точный	Ст 3	Цинковое	9
11	20	Крупный	Средний	Сталь 10	Серебряное	18
12	10	Мелкий	Точный	Сталь 20	Никелевое	21
13	12	Крупный	Средний	Сталь 10кп	Цинковое	12
14	18	Мелкий	Точный	Сталь 35	Оловянное	18
15	14	Крупный	Средний	Сталь 20	Цинковое хромот.	21
16	16	Мелкий	Точный	Сталь 45	Цинковое	12
17	20	Крупный	Средний	Ст 3	Никелевое	24
18	14	Мелкий	Точный	Сталь 10кп	Оловянное	18
19	12	Крупный	Точный	Сталь 20	Окисное про-пит. маслом	12
20	20	Мелкий	Средний	Сталь 35	Кадмиевое хромот.	15
21	16	Крупный	Точный	Сталь 45	Никелевое	12
22	18	Мелкий	Средний	Сталь 10кп	Оловянное	12
23	14	Крупный	Точный	Сталь 20	Цинковое	15
24	12	Мелкий	Средний	Ст 3	Цинковое хромот.	12
25	10	Крупный	Точный	Сталь 10кп	Медное	15
26	16	Крупный	Средний	Сталь 20	Серебряное	24
27	18	Мелкий	Точный	Сталь 35	Оловянное	18
28	12	Крупный	Средний	Сталь 45	Медное	12
29	14	Мелкий	Точный	Сталь 10	Серебряное	24
30	16	Крупный	Средний	Сталь 20	Многослойное медь-никель	12

Таблица 36

<b>Соединение деталей шпильками и винтами</b> <b>Для шпильки, гайки, шайбы и винта материал – Сталь 20, шаг крупный,</b> <b>поля допусков – 7H/8g, без покрытия. Гайки и шайбы – исполнение 2.</b> <b>Винты класса точности В</b>						
№ вари- анта	Номи- нальный диаметр резьбы шпильки	Материал, в который ввинчиваем шпильку	Номи- нальный диаметр резьбы винта	Винт по ГОСТ	Тол- щина скреп- ляемой детали, $S$ , мм	Материал, в который ввинчиваем винт
1	14	Сталь	12	17473-80	12	Бронза
2	20	Бронза	10	Р ИСО 12474- 2012	14	Сталь
3	16	Ковкий чугун	8	17475-80	12	Легкий сплав
4	12	Легкий сплав	10	1491-80	10	Серый чугун
5	18	Латунь	12	17474-80	10	Титан
6	14	Серый чугун	8	1491-80	10	Легкий сплав
7	16	Сталь	10	17473-80	10	Бронза
8	14	Ковкий чугун	12	17475-80	12	Легкий сплав
9	18	Бронза	10	1491-80	10	Сталь
10	12	Серый чугун	8	17474-80	8	Легкий сплав
11	20	Титан	12	Р ИСО 12474- 2012	16	Сталь
12	10	Легкий сплав	8	17475-80	10	Серый чугун
13	12	Ковкий чугун	10	1491-80	10	Легкий сплав
14	18	Латунь	12	17473-80	12	Сталь
15	14	Серый чугун	8	17475-80	8	Титан
16	16	Сталь	10	1491-80	12	Бронза
17	20	Бронза	12	1491-80	12	Латунь
18	14	Латунь	10	17473-80	8	Сталь
19	12	Ковкий чугун	8	17474-80	10	Легкий сплав
20	20	Титан	12	1491-80	10	Бронза
21	16	Бронза	10	17475-80	12	Сталь
22	18	Латунь	12	1491-80	12	Латунь
23	14	Серый чугун	8	17474-80	8	Легкий сплав
24	12	Ковкий чугун	10	Р ИСО 12474- 2012	14	Легкий сплав
25	10	Легкий сплав	8	1491-80	10	Сталь
26	16	Ковкий чугун	10	17475-80	10	Титан
27	18	Латунь	12	1491-80	12	Сталь
28	12	Легкий сплав	8	17473-80	8	Серый чугун
29	14	Титан	10	1491-80	14	Бронза
30	16	Сталь	12	17475-80	12	Титан

Таблица 37

<b>Соединение деталей трубной резьбой</b> <b>Трубы стальные водо – и газопроводные.</b> <b>ГОСТ 3262-75</b> <b>Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81, класс точности А</b>			
№ варианта	Условный проход, <i>Dy</i> , мм	Толщина стенки, мм	Длина патрубка, мм
1	8	2,2	30
2	10	2,8	35
3	15	3,2	40
4	20	2,8	40
5	8	2,2	40
6	10	2,8	35
7	15	3,2	40
8	20	3,2	50
9	15	3,2	40
10	10	2,8	35
11	20	3,2	50
12	15	3,2	40
13	10	2,8	35
14	20	3,2	45
15	15	3,2	50
16	10	2,8	35
17	20	3,2	50
18	15	3,2	40
19	10	2,8	40
20	20	3,2	50
21	15	3,2	45
22	10	2,8	35
23	15	3,2	50
24	20	3,2	55
25	10	2,8	40
26	15	3,2	45
27	20	3,2	35
28	15	3,2	40
29	15	3,2	50
30	10	2,8	50

#### 6.1.4. Пример расчёта резьбовых соединений

В табл. 35–37 приведены варианты задания «Соединения резьбовые». Номер варианта соответствует номеру в журнале списка группы.

##### Соединение болтом

**Исходные данные** для выполнения соединения болтом.

Номинальный диаметр резьбы болта – **16 мм**.

Шаг резьбы – **мелкий**.

Класс точности ГОСТ 16093-2004 – **средний**.

Марка стали болта, гайки и шайбы – **Сталь 10**.

Вид покрытия деталей болтового соединения – **оксидное, пропитанное маслом**.

Толщина покрытия – **3 мкм**.

##### Расчет соединения болтом

По табл. 5 определим основные конструктивно-геометрические параметры болта. Форму и размеры гайки определим по табл. 8, шайбы – по табл. 15.

Согласно табл. 5, номинальному диаметру резьбы 16 мм соответствует мелкий шаг – **1,5 мм**.

По табл. 3 определяем поля допусков болта и гайки, соответствующие среднему классу точности. Для наружной резьбы болта поле допуска – **6g**, для внутренней резьбы гайки – **6H**.

Для болта, изготовленного из стали 10, класс прочности – **4.8** (табл. 19). Класс прочности гайки – **5** (табл. 21).

По табл. 23 определяем, что оксидное, пропитанное маслом покрытие деталей болтового соединения: болта, шайбы и гайки, имеет цифровое обозначение **05** (ГОСТ 1759.0-87).

На рис. 57 показана сборочная размерная цепь, позволяющая определить длину **L** болта, обеспечив при этом необходимый запас резьбы при выходе конца болта из гайки (размер **a**).

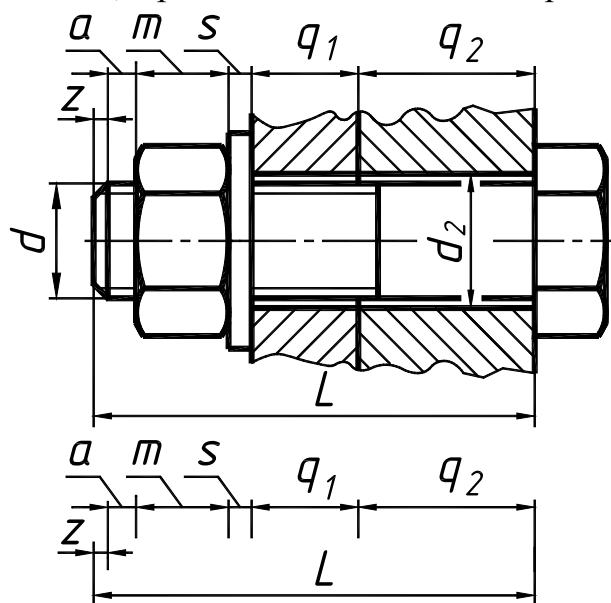


Рис. 57. Размерная цепь болтового соединения

Длину болта  $L$  определим по формуле

$$L=q_1+q_2+s+m+a+z,$$

где  $q_1=22$  мм,  $q_2=20$  мм – толщины соединяемых деталей (заданы, см. рис. 55);

$s$  – толщина шайбы. Для болта с номинальным диаметром резьбы 16 мм –  $s=3$  мм. Наружный диаметр шайбы – 30 мм (табл. 15). Согласно заданию, шайба должна быть исполнения 1 – без фаски.

$m$  – высота гайки. По табл. 8 определяем высоту гайки для болта М16 –  $m=13$  мм. У гайки М16 размер под ключ  $S=24$  мм, диаметр описанной окружности  $e=26,5$  мм.

$a$  – запас резьбы при выходе болта из гайки;

$z$  – высота фаски болта. Величины  $a$  и  $z$  определим по табл. 24 в зависимости от шага резьбы. При шаге резьбы 1,5 мм  $a=3$  мм,  $z=1,6$  мм.

Таким образом, длина болта

$$L=22+20+3+13+3+1,6=62,6 \text{ мм.}$$

Полученную длину округляем до ближайшего большего стандартного значения (табл. 5, ГОСТ 7798-70). Окончательно принимаем  $L=65$  мм. Вычерчиваем болт длиной 65 мм. По табл. 5 определяем длину резьбы  $b=38$  мм.

Вычерчиваем шайбу и гайку. Увеличиваем размер « $a$ » с 3 мм до 5,4 мм. По табл. 5 определим высоту головки болта  $K=10$  мм, размер под ключ  $S=24$  мм, диаметр описанной окружности  $e=26,5$  мм. Изображение головок болтов и гаек на учебных сборочных чертежах приведено на рис 14, б. Диаметр гладких отверстий в соединяемых болтом деталях, согласно табл. 26, равен 18 мм.

### **Соединение шпилькой**

**Исходные данные** для всех вариантов:

шаг резьбы – **крупный**;

класс точности (ГОСТ 16093-2004) – **грубый**. Поле допуска резьбы на шпильке – **8g**, поле допуска резьбы гайки – **7H** (табл. 3);

марка стали шпильки, гайки и шайбы – **Сталь 20**. Класс прочности шпильки – **4.6** (табл. 19), класс прочности гайки – **4** (табл. 21);

покрытие деталей соединения шпилькой отсутствует.

Данные конкретного варианта:

номинальный диаметр резьбы шпильки – **16** мм;

материал, в который ввинчиваем шпильку – **сталь**.

### Расчет соединения шпилькой

Форму и размеры шпильки определяем по табл. 9, гайки – по табл. 8, шайбы – по табл. 15.

По табл. 9 определяем величину крупного шага для номинального диаметра резьбы 16 мм. Крупный шаг – 2 мм.

На рис. 58 показана сборочная размерная цепь, выражающая размерные связи соединения шпилькой. Эта размерная цепь позволяет определить длину гаечного конца шпильки, обеспечив необходимый запас резьбы при выходе шпильки из гайки (размер  $a$ ).

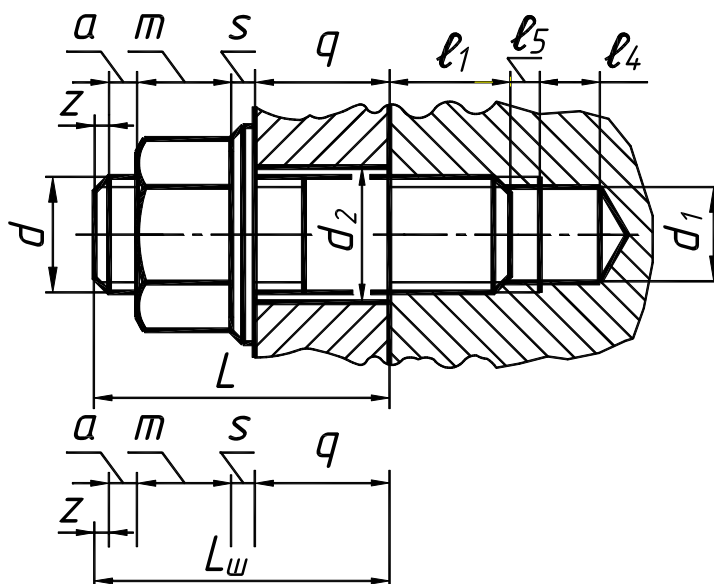


Рис. 58. Размерная цепь соединения шпилькой

Длину шпильки (без ввинчиваемого конца) определим по формуле

$$L_{ш} = q_1 + s + m + a + z,$$

где  $q_1 = 20$  мм – толщина присоединяемой детали;

$s$  – толщина шайбы. Для шпильки с номинальным диаметром резьбы 16 мм –  $s = 3$  мм. Наружный диаметр шайбы – 30 мм (табл. 15). Согласно заданию, шайба должна быть исполнения 2 – с фаской.

$m$  – высота гайки. По табл. 8 определяем высоту гайки для шпильки с номинальным диаметром резьбы 16 мм –  $m = 13$  мм. Согласно заданию, гайка должна быть исполнения 2 – с одной фаской.

$a$  – запас резьбы при выходе болта из гайки;

$z$  – высота фаски болта. Величины  $a$  и  $z$  определим по данным табл. 24 в зависимости от шага резьбы. При шаге резьбы 2 мм –  $a = 4$  мм,  $z = 2$  мм.

Таким образом, длина шпильки

$$L_{ш} = 20 + 3 + 13 + 4 + 2 = 42 \text{ мм.}$$

Полученную длину округляем до ближайшего большего стандартного значения (табл. 6). Окончательно принимаем  $L_{ш} = 45$  мм. По этой же таблице определим длину нарезанной части шпильки  $l_0$ . При длине шпильки 45 мм и диаметре 16 мм  $l_0 = 38$  мм. Вычерчиваем шпильку длиной 45 мм.

Вычерчиваем шайбу и гайку, увеличиваем размер « $a$ » с 4 мм до 7 мм.

Длина ввинчиваемого (посадочного) конца шпильки  $\ell_1$  (см. рис. 58) зависит от материала детали, в которую ввинчивается шпилька (табл. 7). Так как шпилька ввинчивается в стальную деталь, то  $\ell_1 = d = 16$  мм. Шпилька будет выполнена по **ГОСТ 22032-76**.

По табл. 24 определим запас резьбы  $\ell_5$  и недорез  $\ell_4$ , которые зависят от шага резьбы. При шаге резьбы 2 мм  $\ell_5 = 5,5$  мм,  $\ell_4 = 11$  мм. Глубина сверленного под резьбу отверстия:

$$L_0 = \ell_1 + \ell_5 + \ell_4 = 16 + 5,5 + 11 = 32,5 \text{ мм.}$$

Диаметр отверстия под нарезание метрической резьбы определим по табл. 25. При номинальном диаметре резьбы 16 мм и шаге резьбы 2 мм номинальный диаметр отверстия под резьбу с полем допуска **6H** –  $d = 13,9$  мм. Длина резьбы глухого отверстия под шпильку:

$$L_1 = \ell_1 + \ell_5 = 16 + 5,5 = 21,5 \text{ мм.}$$

Диаметр гладкого отверстия в присоединяемой детали определим по табл. 26. При диаметре стержня шпильки 16 мм диаметр отверстия **18** мм.

### **Соединение винтами**

**Исходные данные** для всех вариантов:

шаг резьбы – **крупный**;

класс точности (ГОСТ 16093-2004) – **грубый**. Поле допуска резьбы винта – **8g**, поле допуска резьбы в отверстии – **7H** (табл. 5);

марка стали винта – **Сталь 20**. Класс прочности винта – **4.6**. (табл. 20);

винт без покрытия. Форму и размеры винта выбираем согласно своему варианту по табл. 9–13.

Данные конкретного варианта:

номинальный диаметр резьбы винта – **12** мм;

винт выполнен по ГОСТ 17475-70. **Внимание! Стандарт определяет конструкцию головки винта.** В нашем случае винт имеет **потайную** головку (табл. 12);

толщина скрепляемой детали – **S=10** мм;

материал детали, в которую ввинчиваем винт – **серый чугун**.

### **Расчет соединения винтами**

По табл. 12 определяем величину крупного шага для номинального диаметра резьбы 12 мм. Крупный шаг – **1,75** мм.

Глубина ввинчивания  $\ell_1$  винта зависит от материала детали, в которую он ввинчивается, и принимается равной **1d** для стали, бронзы, латуни и титана, **1,25d** – для серого и ковкого чугуна и **2d** – для легких сплавов (**d** – номинальный диаметр резьбы винта).

Для детали из серого чугуна глубина ввинчивания

$$\ell_1 = 1,25d = 1,25 \times 12 = 15 \text{ мм.}$$

Для винтов с потайной головкой потайная часть включается в длину винта. Длина винта в нашем случае складывается из толщины присоединяемой детали  $S$  и глубины ввинчивания  $\ell_1$  (рис. 59, *a*)

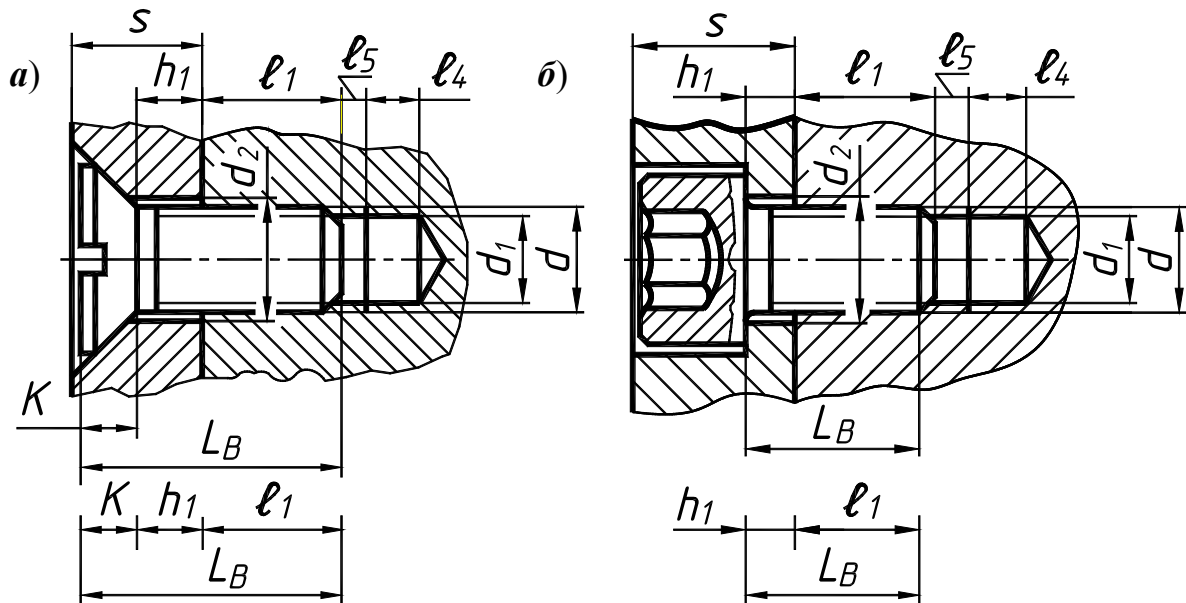


Рис. 59. Размерные цепи винтовых соединений

На рис. 59, *б* приведена сборочная размерная цепь для подсчета длины винта с цилиндрической головкой.

Длина винта с потайной головкой

$$L_B = S + \ell_1 = 10 + 15 = 25 \text{ мм.}$$

Полученный размер согласуем со стандартным значением (табл. 14). Окончательно принимаем длину винта  $L_B = 25$  мм. По той же таблице определяем длину нарезанной части винта. Винт будет иметь резьбу по всей длине стержня. Конструктивные размеры головки винта определим по табл. 12, размеры зенковки (углубления под головку) – табл. 27.

Следует помнить, что шлицы головок винтов на сборочных чертежах, на виде слева, изображаются под углом  $45^\circ$  к рамке чертежа (см. рис. 15, *в*).

По табл. 24 определим запас резьбы  $\ell_5$ , недорез  $\ell_4$  и фаску  $z$ , которые зависят от шага резьбы. При шаге резьбы 1,75 мм –  $\ell_5 = 5,0$  мм,  $\ell_4 = 11$  мм,  $z = 1,6$  мм. Глубина сверленного под резьбу винта отверстия

$$L_0 = \ell_1 + \ell_5 + \ell_4 = 15 + 5,0 + 11 = 31 \text{ мм.}$$

Диаметр отверстия под нарезание метрической резьбы определим по табл. 26. При номинальном диаметре резьбы 12 мм и шаге резьбы 1,75 мм номинальный диаметр отверстия под резьбу с полем допуска  $7H$  –  $d = 10,2$  мм. Длина резьбы глухого отверстия под винт

$$L_1 = \ell_1 + \ell_5 = 15 + 5,0 = 20 \text{ мм.}$$

Диаметр гладкого отверстия в присоединяемой детали определим по табл. 26. При диаметре стержня винта 12 мм диаметр отверстия 14 мм.

## Соединение трубной резьбой

**Исходные данные** для всех вариантов:

резьба трубная цилиндрическая, класс точности *A*, ГОСТ 6357-81. Трубы стальные водо- и газопроводные ГОСТ 3262-75 (табл. 17).

Данные конкретного варианта:

условный проход трубы  $D_y = 20$  мм; толщина стенки  $S = 2,8$  мм; длина патрубка – 50 мм.

### Расчет соединения трубной резьбой

По табл. 17 определим наружный диаметр резьбы  $d$ , длину резьбы ввинчиваемого конца патрубка  $L_1$ , длину резьбы свободного конца патрубка  $L_2$  и фаски  $z$ . При  $D_y = 20$  мм –  $d = 26,442$  мм,  $L_1 = 10,5$  мм,  $L_2 = 16$  мм,  $z = 2$  мм. Внутренний диаметр патрубка практически равен условному проходу. Внутренний диаметр резьбы  $d_1$  определим по табл. 18. При  $D_y = 20$  мм –  $d_1 = 24,119$  мм. Диаметр отверстия в корпусе и фланце (детали 1 и 2, рис.55) выполним равным внутреннему диаметру трубной резьбы ( $\approx 24$  мм).

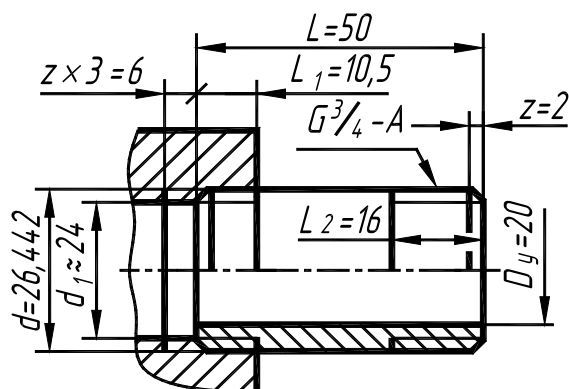


Рис. 60. Параметры трубы

Длина резьбы отверстия под патрубок должна быть больше длины резьбы ввинчиваемого конца патрубка  $L_1$  на 2...3 шага резьбы. Шаг резьбы определяет величину фаски, поэтому при расчетах будем использовать значение фаски  $z$ . Тогда длина резьбы отверстия под патрубок  $10,5 + 2 \times (2...3) = (14,5...16,5)$  мм. Окончательно принимаем длину резьбы отверстия под патрубок – 16 мм.

### Порядок выполнения сборочного чертежа

Начинать **сборочный чертеж** следует с вычерчивания в тонких линиях корпуса, фланца и крышки (детали 1, 2 и 3). Размеры корпуса и фланца приведены на рис. 56. Они одинаковы для всех вариантов задания. Толщина крышки равна толщине скрепляемой детали в соединении винтами (зависит от конкретного варианта).

При размещении изображений на формате следует предусмотреть место для габаритных и присоединительных размеров и линий-выносок для номеров позиций деталей, входящих в состав изделия. Следует предусмотреть место для изображения глухого отверстия с резьбой под шпильку.

На сборочном чертеже все составные части изделия нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации.

Для определения состава сборочной единицы на отдельном листе формата **A4** выполняем **спецификацию**. Форма и порядок заполнения спецификации определяет ГОСТ 2.106-96. На рис. 57 приведен пример спецификации для сборочного чертежа (рис. 56). Спецификация состоит из разделов: документация, детали, стандартные изделия. Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается тонкой линией. Выше и ниже каждого заголовка оставляем одну свободную строку.

В раздел «Документация» вписываем «Сборочный чертеж». В раздел «Детали» вносим корпус, фланец, крышку и патрубок. В раздел «Стандартные изделия» заносим обозначение болта, винта, гаек, шайб и шпильки. Условное обозначение шайб приведено в разделе 2.8 на стр. 49, условное обозначение болтов, винтов, гаек приведено на стр. 48.

Пример обозначения болта с шестигранной головкой нормальной точности с номинальным диаметром метрической резьбы  $d=16$  мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм, с полем допуска среднего класса точности **6g**, длиной  $L_B=65$  мм, класса прочности **48**, с покрытием **05** толщиной **3** мкм

***Болт M16×1,5–6g×65.48.053 ГОСТ 7798–70.***

Пример обозначения винта с потайной головкой класса точности **B** с номинальным диаметром метрической резьбы  $d=12$  мм, с полем допуска грубого класса точности **8g**, длиной  $L_B=25$  мм, с крупным шагом резьбы, класса прочности **46**, без покрытия

***Винт B M12–8g×25.46 ГОСТ 17475–80.***

Пример обозначения шестигранной гайки нормальной точности первого исполнения с номинальным диаметром метрической резьбы  $d=16$  мм, с **мелким шагом** резьбы 1,5 мм, с полем допуска среднего класса точности **6H**, класса прочности **5**, с покрытием **05** толщиной **3** мкм

***Гайка M16×1,5–6H.5.053 ГОСТ 5915–70.***

Пример обозначения шестигранной гайки нормальной точности второго исполнения с номинальным диаметром метрической резьбы  $d=16$  мм, с полем допуска грубого класса точности **7H**, с **крупным шагом** резьбы, класса прочности **5**, без покрытия

***Гайка 2 M16–6H.5 ГОСТ 5915–70.***

Пример обозначения шайбы исполнения **1** для крепежной детали с номинальным диаметром резьбы  $d=16$  мм, из **стали 10** – материала группы **01**, с покрытием **05** толщиной **3** мкм

***Шайба 16.01.Сталь 10.053 ГОСТ 11371–78.***

Пример обозначения шайбы исполнения **2** для крепежной детали с номинальным диаметром резьбы  $d=16$  мм, из **стали 20** – материала группы **04**, без покрытия

***Шайба 2.16.04 ГОСТ 11371–78.***

Пример обозначения шпильки исполнения **1** для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых, латунных и титановых сплавах, с номинальным диаметром метрической резьбы  $d = 16$  мм, с **крупным шагом** резьбы, с полем допуска грубого класса точности **8g**, длиной  $L_{ш} = 45$  мм, класса прочности **46**, без покрытия

***Шпилька М16–8g×45.46 ГОСТ 22032–76.***

В графе «Обозначение» указываем обозначение сборочного чертежа и деталей. Например, обозначение сборочного чертежа:

***АТ105.03.12.01.000.СБ.***

Здесь ***АТ105*** – № группы, в которой обучается студент, ***03*** – № задания, ***12*** – № варианта выполняемого студентом, ***01*** – № сборочного чертежа, ***000*** – № деталей, входящих в сборочную единицу, ***СБ*** – обозначение чертежа (сборочный).

Деталь № 1 – корпус имеет обозначение:

***АТ105.03.12.01.001,***

Деталь № 2 – фланец имеет обозначение:

***АТ105.03.12.01.002*** и т.д.

Для стандартных изделий графу «Обозначение» не заполняем.

## **6.2. Задание № 4. Эскизирование деталей машин**

Задание заключается в выполнении эскизов реальных деталей:

1. Зубчатого цилиндрического колеса на формате ***А4***;
2. Вала на формате ***А3***;
3. Детали 2-ой группы сложности, имеющей необработанные (чёрные) и обработанные (чистые) поверхности. В зависимости от сложности детали эскиз выполняется на формате ***А4*** или ***А3***.

Для того чтобы выполнить задание нужно изучить следующие вопросы: выбор главного изображения, количества изображений детали ГОСТ 2.305-2008; параметры и характеристики шероховатости поверхности ГОСТ 2789-73, обозначение шероховатости поверхностей на чертежах (эскизах) деталей ГОСТ 2.309-73; обозначение материала детали на чертежах (эскизах) деталей; учет технологии изготовления детали при простановке размеров ГОСТ 2.307-2011; параметры цилиндрических зубчатых колес, правила выполнения их чертежей ГОСТ 2.403-75 [5, 7, 8].

### **6.2.1. Выполнение эскиза зубчатого колеса**

#### **Ознакомление с формой и размерами детали**

Внимательно изучают конструкцию зубчатого колеса (наличие ступицы, диска см. рис. 39), способ соединения его с валом (наличие шпоночного паза, шлицев).

Измеряют штангенциркулем диаметр окружности вершин зубьев –  $d_a$

Подсчитывают число зубьев –  $z$ .

Определяют величину модуля по формуле  $m=d_a/(z+2)$ .

Полученное значение модуля округляют до ближайшего стандартного значения (табл. 32) и по нему рассчитывают геометрические параметры зубчатого колеса по формулам, приведенным в табл. 33.

Геометрические параметры зубчатых колес необходимо рассчитывать до трех знаков после запятой.

Размеры остальных конструктивных элементов зубчатого колеса определяются путём непосредственного обмера мерительным инструментом. Значения конструктивных параметров зубчатых колес округляют в соответствии с рекомендациями ГОСТ 6636-69 (номинальные диаметры общего назначения, нормальные линейные размеры) [2].

### **Выбор главного вида и количества изображений**

Чертежи (эскизы) цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем зубьев выполняются в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТ 2.403-75 [8] в части указания параметров зубчатого венца.

В соответствии с ними на чертеже в качестве главного изображения вычерчивают полный продольный фронтальный разрез зубчатого колеса, а на месте вида слева изображают только контур отверстия в ступице со шпоночными или шлицевыми пазами.

На чертежах, согласно ГОСТ 2.402-68, окружности и образующие поверхностей вершин зубьев на видах деталей показывают сплошными толстыми линиями, окружности и образующие поверхностей впадин показывают сплошными тонкими линиями, а в разрезах – сплошными толстыми линиями. Делительные окружности показывают тонкими штрихпунктирными линиями (см. рис. 39).

Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то на разрезах и сечениях зубчатых колёс зубья условно совмещаются с плоскостью чертежа и показываются нерассеченными (см. рис. 39, 40).

### **Компоновка изображений на формате**

На заданном формате необходимо разместить не только изображения зубчатого колеса, но и **таблицу параметров** зубчатого венца, состоящую из трёх частей, отделённую друг от друга толстыми основными линиями. Ее размещают в правом верхнем углу чертежа. В первой части содержатся основные данные для изготовления зубьев колеса, во второй – данные для контроля и в третьей – справочные данные.

На учебных чертежах выполняют сокращённую таблицу, содержащую только три параметра: модуль  $m$ , число зубьев  $Z$  из первой части таблицы и диаметр  $d$  делительной окружности из третьей части таблицы. Размеры таблицы и её расположение на поле чертежа показаны на рис. 61.

Следует обратить внимание на то, что размеры таблицы, помеченные на рис. 61 звездочкой (\*), на эскизе (чертеже) проставлять нельзя.

### Нанесение знаков шероховатости

Особенность простановки знаков шероховатости на чертежах (эскизах) зубчатых колес состоит в том, что на чертеже нет изображения боковой поверхности зубьев.

Знак шероховатости, относящийся к боковой поверхности зубьев, изображают на продолжении штрихпунктирной линии делительного диаметра. Пример обозначения шероховатости поверхности зубьев колес см. на рис. 46, *г, д*. Шероховатость остальных поверхностей зубчатого колеса проставляют по общим правилам (см. табл. 34).

### Нанесение размеров на эскизе зубчатого колеса

На изображении зубчатого колеса должны быть указаны размеры, относящиеся к зубчатому венцу: а) диаметр  $d_a$  окружности вершин зубьев; б) ширина  $b$  зубчатого венца; в) размеры фасок на кромках зубьев и другие конструктивные размеры, необходимые для изготовления.

Диаметры делительной окружности и окружности впадин на чертеже не проставляются.

Зубчатые колеса напрессовывают на валы. Для передачи крутящего момента от вала на колесо применяют шпоночные или шлицевые соединения. Размеры шпоночных пазов выбираем из табл. 28, 29 в зависимости от диаметра вала, который равен диаметру отверстия в колесе.

Размеры отверстий со шлицами – в табл. 31. Пример выполнения чертежа прямозубого цилиндрического зубчатого колеса при наличии в отверстии шлицев см. на рис. 26, *б*. Пример выполнения эскиза прямозубого цилиндрического зубчатого колеса с отверстием, имеющим паз под шпонку, приведен на рис. 61.

### Оформление технических требований и заполнение основной надписи

Над основной надписью записываем требования, предъявляемые к материалу зубчатого колеса (например, ограничения по твердости – *НВ 270...300*).

В графе основной надписи приводим наименование изделия в именительном падеже в единственном числе – «*Колесо зубчатое*».

В графе обозначение документа для учебного чертежа (эскиза) рекомендуется следующая структура обозначения:

***АТ105.04.10.00.145***

*АТ* – факультет; *105* – номер группы; *04* – номер задания; *10* – номер варианта; *00* – номер узла; *145* – номер детали (зубчатого колеса).

Заполняем графу материал, например, *Сталь 40Х ГОСТ 4543-71* (сталь, легированная хромом).

Следует помнить, что на эскизе графа масштаб изображения не заполняется.

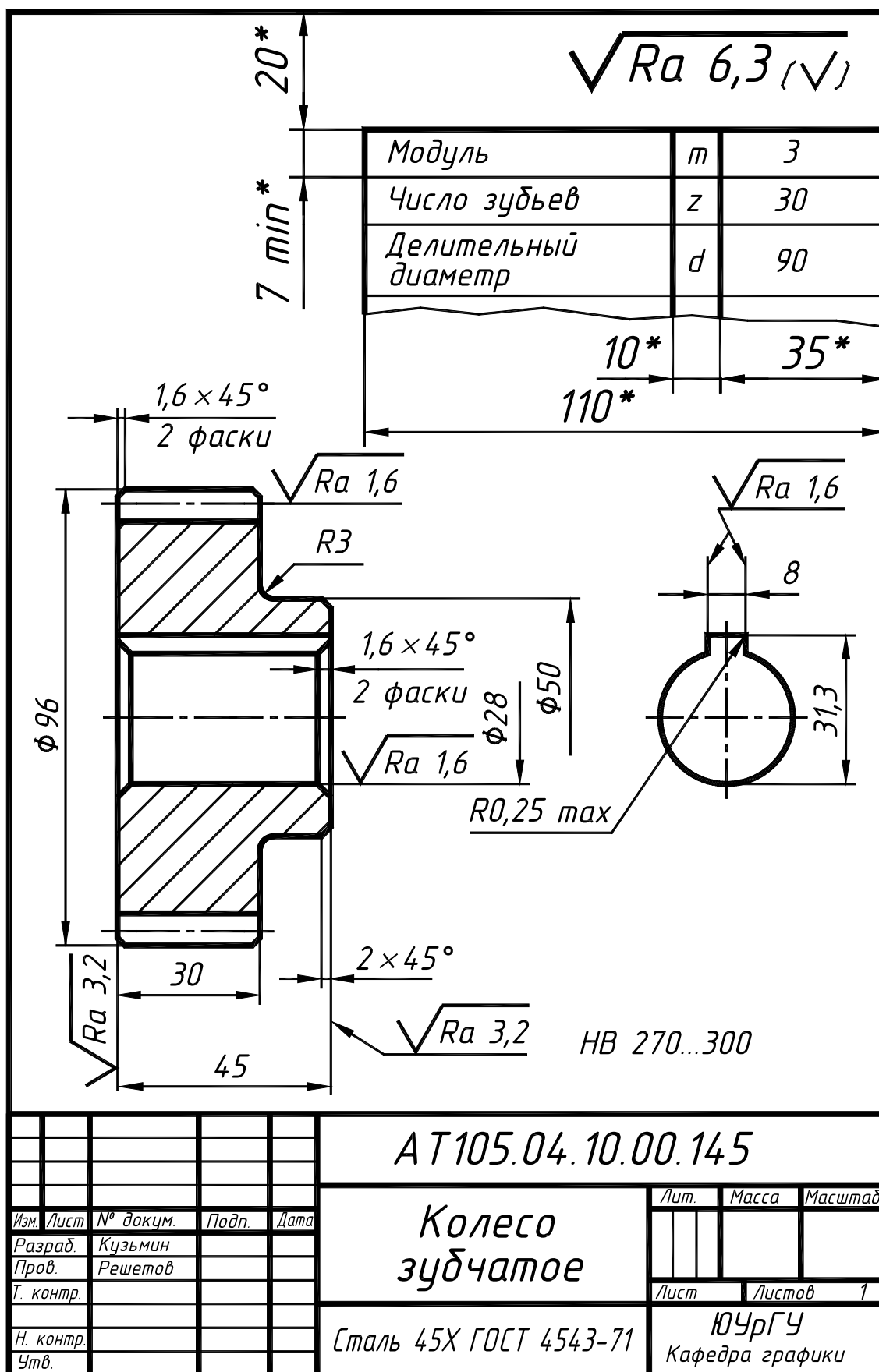


Рис. 61. Пример выполнения эскиза зубчатого колеса

### 6.2.2. Выполнение эскиза (чертежа) вала с натуры

#### Ознакомление с формой и размерами детали

Получив вал в металле, следует внимательно изучить его конструктивные особенности: наличие и форму шпоночных пазов, проточек, фасок, галтелей, резьбовых участков, посадочных мест под подшипники, центровых отверстий и т.д. (рис. 62).

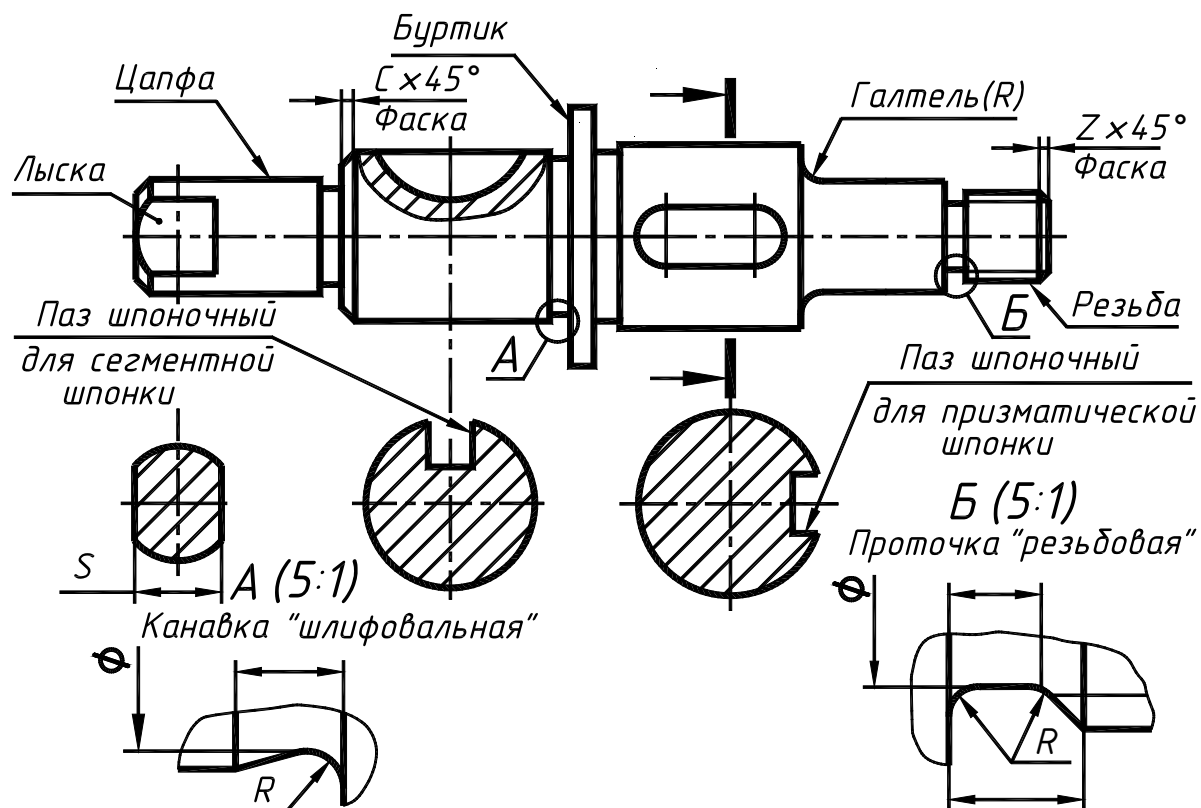


Рис. 62. Конструктивные элементы валов

Деталь, представленная на рис. 62, имеет следующие стандартизованные конструктивные элементы: фаска резьбового участка ( $Z$ ), фаски гладких цилиндрических поверхностей ( $\angle$ ), канавка для выхода шлифовального круга ( $A$ ), проточка для выхода инструмента при нарезании резьбы ( $B$ ), галтели ( $R$ ), лыска (размер «под ключ»  $S$ ), шпоночные пазы. Резьбовой конец вала должен иметь стандартную резьбу (например,  $M16-8g$  см. табл. 2).

**Фаски** – конические или плоские узкие срезы (притупления) острых кромок деталей – применяют для облегчения процесса сборки, предохранения рук от порезов острыми кромками и в других случаях. Фаски обязательны на торцах у наружных и внутренних сопрягаемых цилиндрических поверхностей со стороны, с которой производится их соединение при монтаже. Размеры фасок и правила их указания на чертежах стандартизованы. В табл. 38 приведены фаски цилиндрических деталей общего применения.

Таблица 38

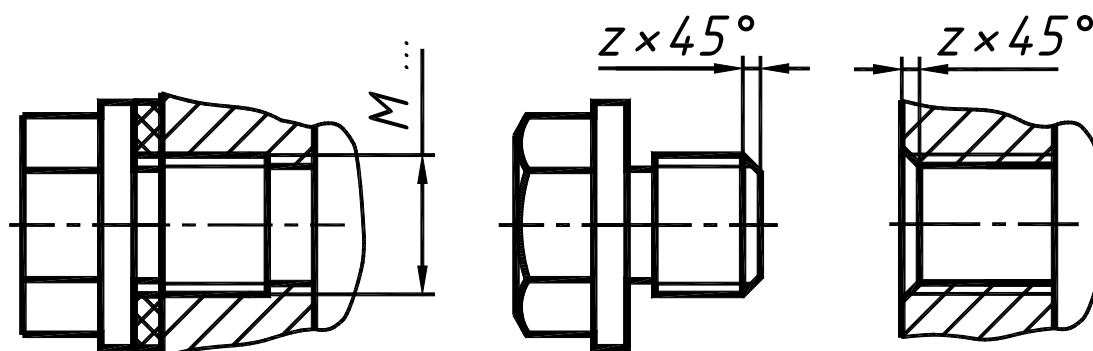
Фаски цилиндрических деталей [2, с. 125], мм

Диаметр, $d$	До 10	Св. 10 до 15	Св. 15 до 30	Св. 30 до 45	Св. 45 до 70	Св. 70 до 100
Фаска $C \times 45^\circ$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Фаски обязательны на стержнях и в отверстиях с резьбой. Эти фаски назначаются в зависимости от типа резьбы и ее шага. В табл. 39 приведены размеры фасок для деталей с наружной и внутренней метрической резьбой.

Таблица 39

Фаски для метрических резьб (ГОСТ 10549-80) [2], мм



Шаг резьбы, $P$	0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Фаска $Z \times 45^\circ$	0,5	0,5	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	4,0

**Галтели** – скругления внутренних и внешних углов на деталях машин. Галтели служат для повышения прочности (выносливости) валов, осей и других деталей в местах перехода от одного диаметра к другому. Размеры галтелей выбирают согласно ГОСТ 10948-64 из следующего ряда чисел: (0,5); 0,6; (0,8); 1,0; (1,2); 1,6; (2,0); 2,5; (3,0); 4,0; (5,0); 6,0 и т.д.

**Лыски** – плоские срезы на поверхности вращения, ограничивающей деталь. Лыски служат для удержания детали от вращения гаечным ключом. Размеры «под ключ» выбирают согласно ГОСТ 6424-73 из следующего ряда чисел: 10, 12, 14, 17, 19, 21, 22, 24, 27, 30, 32 и т.д.

**Цапфа** (шейка, шип) – часть вала, которой он опирается на подшипник. Диаметр посадочного места под подшипник должен совпадать с внутренним диаметром подшипника. Подшипник – деталь стандартная.

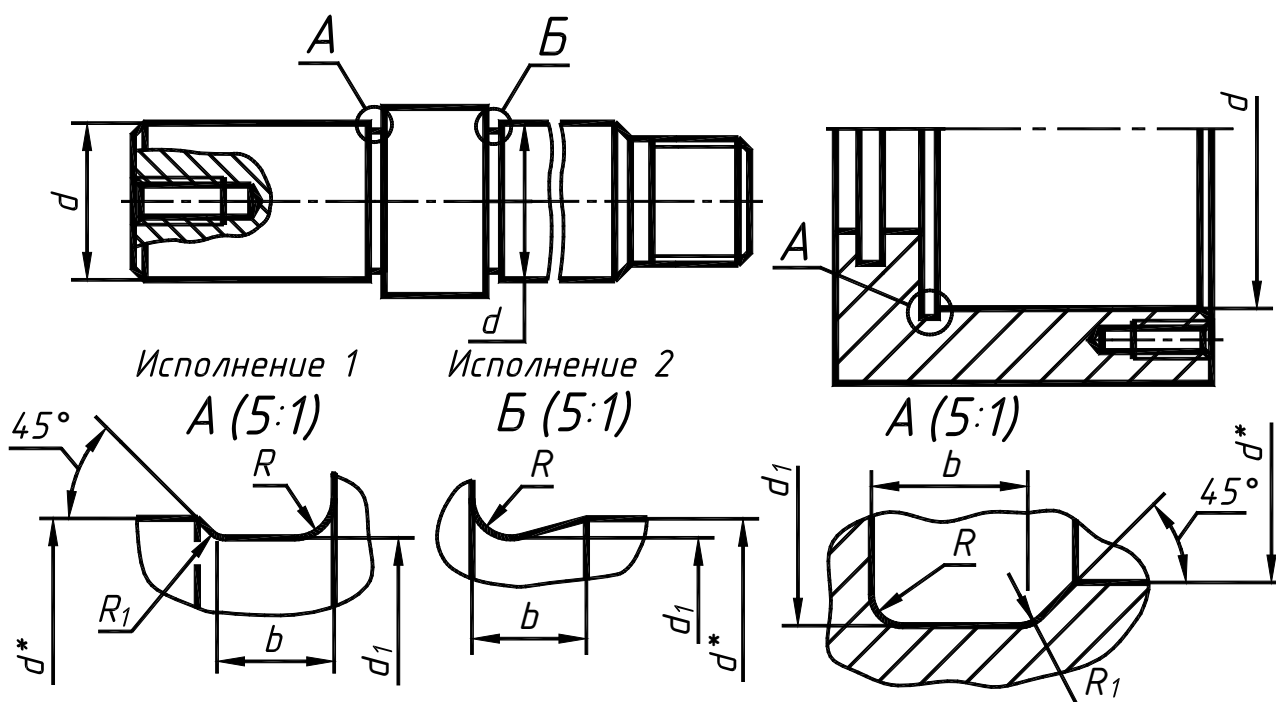
Поверхности валов, на которые напрессовывают зубчатые колеса, подшипники и т.п. детали, как правило, шлифуют. Их отделяют от не шлифованных поверхностей канавками для выхода шлифовального круга.

Размеры канавок для выхода шлифовального круга (ГОСТ 8820-69) даны в табл. 40. При наличии нескольких канавок для выхода шлифовального круга на одной и той же детали, как правило, применяют канавки одного исполнения.

Размеры проточек для выхода инструмента при нарезании метрической резьбы приведены в табл. 1.

**Таблица 40**

**Канавки для выхода шлифовального круга (ГОСТ 8820-69), мм**



Диаметр вала или отверстия $d$	Ширина канавки $b$	Радиус скругления $R$	Радиус скругления $R_1$	Диаметр канавки $d_1$ (наружное шлифование)	Диаметр канавки $d_1$ (внутреннее шлифование)
$\leq 10$	1,0	0,3	0,2	$d-0,3$	$d+0,3$
	1,6	0,5	0,3	$d-0,3$	$d+0,3$
	2,0	0,5	0,3	$d-0,5$	$d+0,5$
10...50	3,0	1,0	0,5	$d-0,5$	$d+0,5$
50...100	5,0	1,6	0,5	$d-1,0$	$d+1,0$
$\geq 100$	8,0	2,0	1,0	$d-1,0$	$d+1,0$
	10,0	3,0	1,0	$d-1,0$	$d+1,0$

**Примечание.** На чертежах канавок размер диаметра вала или отверстия, отмеченный знаком (\*), проставлять не следует.

Для передачи крутящего момента между валом и деталями, насаженными на вал, (зубчатые колеса, шкивы) применяют шпоночные и зубчатые (шлицевые) соединения. Для выполнения шпоночного соединения на валу фрезеруют **паз под шпонку**, такой же паз делают в отверстии насаживаемой на вал детали (шкивов, зубчатых колес, маховиков и т.п.).

Размеры шпоночных пазов назначают в зависимости от типа шпонки (**призматические, сегментные**) и диаметра вала в месте запрессовки зубчатого колеса или другой какой-либо детали (см. табл. 28, 29). Размеры зубчатых (шлицевых) соединений приведены в разделе 3.1.3 табл. 31.

### **Выбор главного вида и количества изображений**

Для деталей круглой формы (валы, втулки, штуцера) главное и обычно единственное изображение располагают так, что ось принимает горизонтальное положение, т.е. параллельное основной надписи чертежа. Такое изображение соответствует положению детали при ее обработке на станке. При наличии на валу шпоночных пазов, шлицев, канавок, проточек, главное изображение дополняется сечениями для простановки размеров шпоночных пазов и шероховатости боковых поверхностей шлицев. Следует обратить внимание на изображение вала при наличии паза для сегментной шпонки (рис. 63). В этом случае для выявления формы паза выполняется местный разрез.

Проточки изображают, как правило, выносными элементами в большем масштабе, чем главное изображение (см. рис. 63).

### **Компоновка изображений на листе**

Следует предусмотреть место для всех необходимых изображений, знаков шероховатости и размеров. Пример выполнения учебного эскиза вала с пазами для сегментной и призматической шпонок приведен на рис. 63. Обратите внимание на то, что эскиз вала выполнен на формате **A3**.

### **Нанесение знаков шероховатости поверхностей детали**

Большое значение для работоспособности детали имеет микрогеометрия ее поверхности. Поэтому на чертеже (эскизе) дают указания о допустимых микронеровностях (шероховатости) на поверхностях, ограничивающих деталь. Конкретные значения шероховатости поверхности детали зависят от назначения данной поверхности. Поверхности детали могут соприкасаться с другими деталями. Такие поверхности называют **сопрягаемыми, исполнительными** (рабочими). Остальные поверхности детали называют **свободными**. Исполнительные поверхности детали – это те, при помощи которых деталь выполняет свою работу в машине, которые в процессе работы механизма соприкасаются с поверхностями других деталей, либо непосредственно участвуют в рабочем процессе механизма или машины (крыльчатки насосов, лопатки турбин и т.д.).

Все исполнительные поверхности детали, как правило, подвергаются механической обработке. Остальные поверхности детали, образующие ее конфигурацию, называются **нерабочими**.

Нерабочие поверхности не сопрягаются с поверхностями других деталей, непосредственной работы в механизме не выполняют. Они либо совсем не обрабатываются, либо обрабатываются с меньшей точностью.

Работоспособность механизма во многом зависит от шероховатости сопрягаемых поверхностей его деталей. Чем выше качество обработки сопрягаемых поверхностей, тем долговечнее и надежнее механизм. Однако конструктор должен учитывать и экономический фактор – чем выше требования к качеству поверхности, тем дороже ее изготовление.

Изучая конструкцию детали, следует выявить те поверхности, по которым эта деталь соприкасается с другими деталями узла. Контакт деталей может быть подвижным (одна деталь вращается или перемещается относительно других). В этом случае, согласно рекомендациям [2], поверхности осей и валов в месте контакта с втулкой подшипника скольжения должны иметь шероховатость  $Ra\ 0,2\ldots 0,4$  мкм. При неподвижном контакте, например, место соединения зубчатого колеса с валом может иметь шероховатость  $Ra\ 0,8\ldots 1,6$  мкм. Поверхности под запрессовку втулок, вкладышей и т.п. имеют шероховатость  $Ra\ 1,6\ldots 3,2$  мкм. На свободные поверхности (фаски, проточки, не трущиеся поверхности валов) и на резьбовые участки валов назначают шероховатость  $Ra\ 3,2\ldots 6,3$  мкм. Торцы валов могут иметь шероховатость  $Ra\ 12,5\ldots 25$  мкм.

Необходимо мысленно назначить параметры шероховатости всех поверхностей детали, после чего разместить знаки шероховатости в соответствии с ГОСТ 2.309-73 (в редакции 2005 г.). Правила простановки знаков шероховатости на чертежах деталей приведены в разделе 5, с. 83.

### Нанесение размеров на эскизе вала

Размеры конструктивных элементов вала определяются путём непосредственного обмера мерительным инструментом. Полученные значения размеров диаметров и длин участков вала округляют в соответствии с рекомендациями ГОСТ 6636-69 (номинальные диаметры общего назначения, нормальные линейные размеры) [2]. Измерять шпоночные пазы и проточки не следует. Их размеры назначаем по табл. 28, 29, 40 в зависимости от диаметра вала в том месте, где находится шпоночный паз или проточка для выхода шлифовального круга. Например, размеры шпоночного паза под сегментную шпонку (сечение  $A-A$ ), определили по табл. 29 для диаметра вала  $D=34$  мм: ширина шпоночного паза  $b=10$  мм, глубина шпоночного паза  $t_2=10$  мм, диаметр шпонки  $d_{ш}=32$  мм. Положение шпоночного паза относительно торца вала (размер 28) определили непосредственным замером. Размер фаски торца вала без резьбы  $2\times 45^\circ$  нашли в табл. 38. Фаску резьбового конца  $1,6\times 45^\circ$  определили по табл. 39.

При простановке размера длины участка вала с проточкой, размер проставляется от торца до торца, включая проточку (см. рис. 63, размер 40). Длины участков вала проставляют с учетом технологии его изготовления [9, с. 161]. Обязательно проставляют габаритный размер – длину заготовки. Проставлять размеры замкнутой цепочкой не допускается.

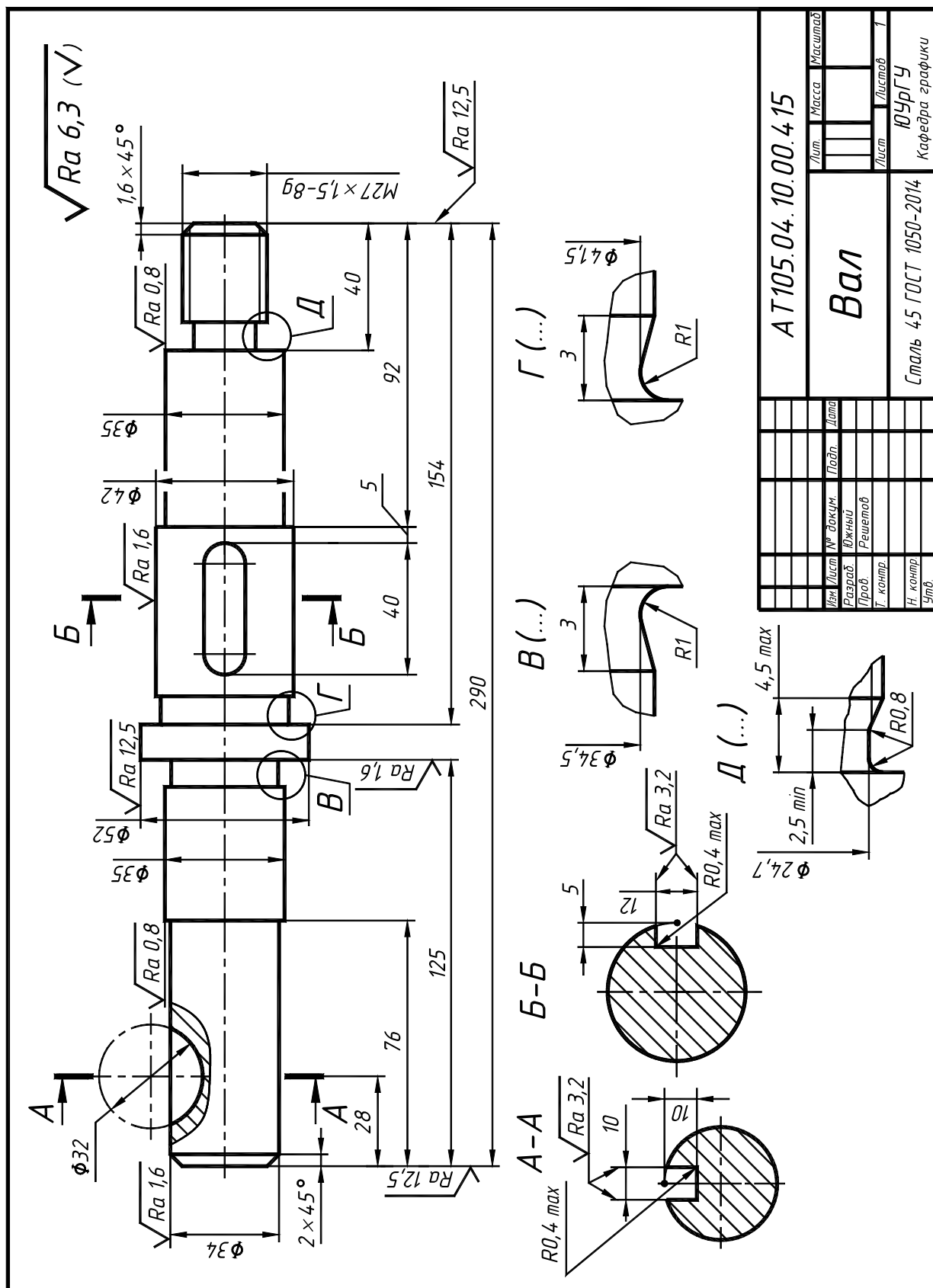


Рис. 63. Эскиз вала

## Оформление технических требований и заполнение граф основной надписи

Правила нанесения на чертежах (эскизах) технических требований и надписей изложены в ГОСТ 2.316-2008. Технические требования размещаются над основной надписью чертежа. Их рекомендуется излагать по пунктам в следующем порядке:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали (например, *НВ 260...285 кроме мест, указанных особо*);

б) размеры, допустимые предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей (например, *\*Размеры для справок*);

в) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке и покрытии.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с новой строки. Заголовок не пишут.

В графе основной надписи обозначение документа приводим следующее обозначение:

*АТ105.04.10.00.415*

*АТ* – факультет; *105* – номер группы; *04* – номер задания; *10* – номер варианта; *00* – номер узла; *415* – номер детали (вала).

В основной надписи заполняем графу материал, например, *Сталь 45 ГОСТ 1050-2014* (или *Ст5 ГОСТ 380-2005*).

### 6.2.3. Эскиз детали, имеющей необработанные и обработанные поверхности

Задание состоит в выполнении эскиза детали, изготовленной путем литья,ковки или штамповки. Часть поверхностей таких деталей подвергаются механической обработке, а часть поверхностей остаются черными, т. е. необработанными.

Эскизы следует выполнять на листах ватмана необходимого формата. Выбор формата зависит от размеров детали и количества необходимых изображений детали для выявления ее конструкции. Этапы выполнения задания, рассмотрим на примере эскиза крышки (рис. 64).

#### Ознакомление с формой и размерами детали

Деталь, представленная на рис. 64, кроме цилиндрических поверхностей имеет поверхность шестигранной призмы. Крышка изготовлена из чугуна литьем. Из какого материала изготовлена деталь, можно узнать из ведомости задания № 4 по номеру детали.

При внимательном рассмотрении можно заметить, что одни поверхности более светлые и ровные, чем другие. Это механически обработанные поверхности (чистые). Поверхности литой заготовки – необработанные (черные). На рис. 64 эти поверхности отмечены знаком ✓

Крышка имеет три резбовых участка. Два с наружной резьбой и резбовое отверстие.

### **Выбор главного вида и количества изображений**

Количество изображений должно быть минимальным и в то же время достаточным для выявления всех конструктивных особенностей детали. Каждую техническую деталь, независимо от ее сложности, можно разбить на элементы, состоящие в основном из простых геометрических форм. Выполнение эскиза детали сводится к нанесению проекций этих геометрических форм. Пропорциональность форм соблюдается на глаз. Так как в состав детали на рис. 64 входит шестигранник – выполнено два изображения. На главном изображении – три грани шестигранника. Для определения внутреннего очертания детали применен фронтальный разрез. В целях увеличения масштаба изображения без увеличения формата выполнен не весь вид сверху, а его часть. Что не помешало проставить размеры шестигранника.


### **Компоновка изображений на листе**

Главное изображение расположили вертикально. Это рабочее положение крышки вентиля.

Вертикальное расположение позволило рационально использовать формат **A4**. При горизонтальном расположении крышки (так как ее обрабатывают на станке) при том же масштабе изображения потребуется формат **A3**. Нанести тонко линии видимого контура детали на всех проекциях, придерживаясь относительной пропорциональности частей детали в глазомерном масштабе. В целях удобства и быстроты выполнения эскизов надо воспользоваться линейкой и угольником для проведения линий контура, выносных, размерных, осевых, центровых линий и т.д.

### **Нанесение знаков шероховатости**

Нанести знаки шероховатости в соответствии с назначением поверхностей детали. Выявить обработанные и необработанные поверхности.

В верхний правый угол эскиза вынесена шероховатость преобладающих поверхностей – **Ra 6,3**. Это шероховатость бокового профиля резьбы, фасок, торцов при неподвижном контакте (табл. 34). Как сказано выше, необработанные поверхности отмечены знаком .

### **Нанесение размеров крышки**

Крышка изготовлена путем литья. Часть поверхностей детали подверглась механической обработке, а часть поверхностей осталась черными, т.е. необработанными. В связи с этим размеры, определяющие параметры таких деталей можно разбить на три группы:

- а) размеры, связывающие черные (необработанные) поверхности;
- б) размеры, связывающие чистые (обработанные) поверхности;
- в) размеры, связывающие чистые поверхности с черными.

Размеры первой группы образуют размерную сетку заготовки, размеры второй группы образуют размерную сетку механической обработки. Размеры третьей группы координируют эти две размерные сетки. Таким образом, на деталях подобного типа размеры следует проставлять так, чтобы одна группа размеров связывала только черные (необработанные) поверхности; другая группа размеров связывала только чистые (обработанные) поверхности. На чертеже крышки (см. рис 64) размер **18** связывает необработанные поверхности.

Согласно ГОСТ 2.307-2011 пункт 1.16, в направлении каждой координатной оси должен быть только один размер, связывающий эти две группы (т.е. размер между чистой и черной поверхностями). На рис. 64 связка между черными и чистыми поверхностями – это размер **28**. Величину радиусов плавных переходов литых необработанных поверхностей задают в технических требованиях.

Для обеспечения легкого извлечения отливки из формы поверхностям, перпендикулярным к плоскости разъема, придают формовочные (литейные) уклоны. Детали вычерчивают без формовочных уклонов. Формовочные уклоны оговорены ГОСТ 3212-92.

Обратите внимание на то, что размеры, относящиеся к наружным поверхностям, проставлены со стороны вида, размеры внутренних поверхностей – со стороны разреза.

После проведения выносных и размерных линий проставлены размерные числа. Размеры конструктивных элементов детали определили путём непосредственного обмера мерительным инструментом. Размеры фасок резьбовых поверхностей назначены в соответствии с шагом резьбы по табл. 39.

Каждый эскиз должен быть снабжен всеми размерами, необходимыми для изготовления детали.

### **Оформление технических требований и заполнение граф основной надписи**

На чертежах (эскизах) литых деталей в технических требованиях указывают:

а) величину литейных радиусов, например,

***Неуказанные литейные радиусы 3...5 мм***

б) величину формовочных уклонов, например,

***Формовочные уклоны ГОСТ 3212-92***

в) точность отливки, например,

***Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ Р 53464-2009***

В графе основной надписи обозначение документа приводим следующее обозначение:

***АТ105.04.10.00.212***

***АТ*** – факультет; ***105*** – номер группы; ***04*** – номер задания; ***10*** – номер варианта; ***00*** – номер узла; ***212*** – номер детали (крышки).

В основной надписи в графе материал указываем марку серого чугуна, например,

***СЧ20 ГОСТ 1412-85.***



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

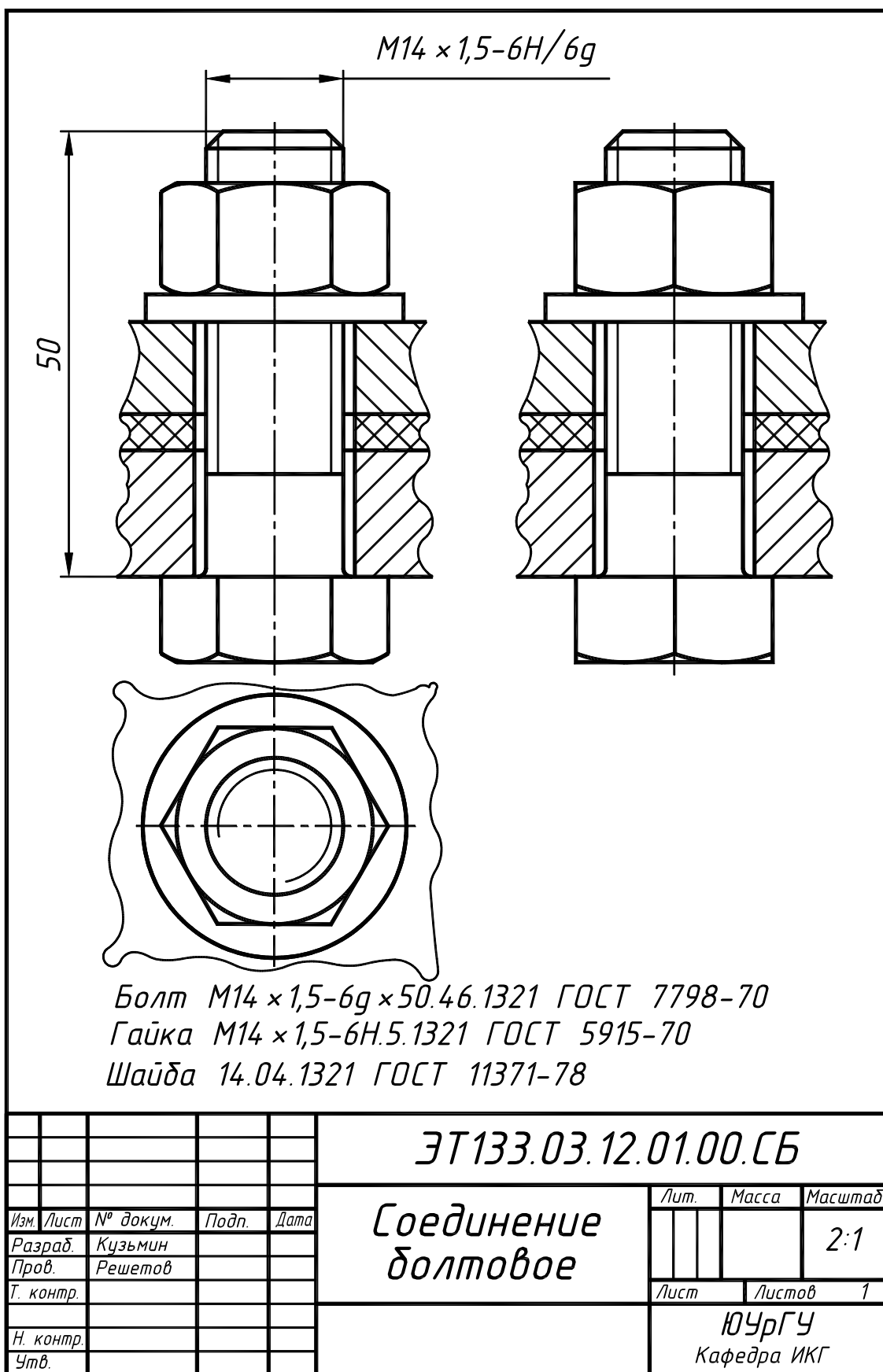
1. Левицкий, В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: учеб. для втузов / В.С. Левицкий – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2011.
2. Чекмарев, А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М.: Высшая школа, 2009.
3. ГОСТ 27148-86: Крепежные изделия. Выход резьбы. Сбеги, недорезы и проточки. Введен 01.01.88. – М., 1988
4. ГОСТ 2.311-68: Изображение резьбы. Введен 01.61.71. – М., 1988.
5. Попова, Г.Н. Машиностроительное черчение: Справочник. / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. – СПб.: Политехника, 1994.
6. ГОСТ 10549-80: Выход резьбы. Сбеги, недорезы проточки и фаски. Введен 01.01.82. – М., 1986.
7. ГОСТ 2402-68 ЕСКД. Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач. Введен 01.01.71. – М., 1978.
8. ГОСТ 2403-75. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес. Введен 01.01.81. – М., 1981.
9. Бабулин, Н.А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. / Н.А. Бабулин. – М.: Высшая школа, 1987.
10. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введен 01.01.83. – М., 1984.
11. Резьбы, крепежные резьбовые изделия, разъемные и неразъемные соединения деталей, зубчатые передачи / Н.П. Сенигов, В.А. Пилатова, А.Л. Решетов, В.А. Краснов. Под ред. А.М. Швайгера. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005.

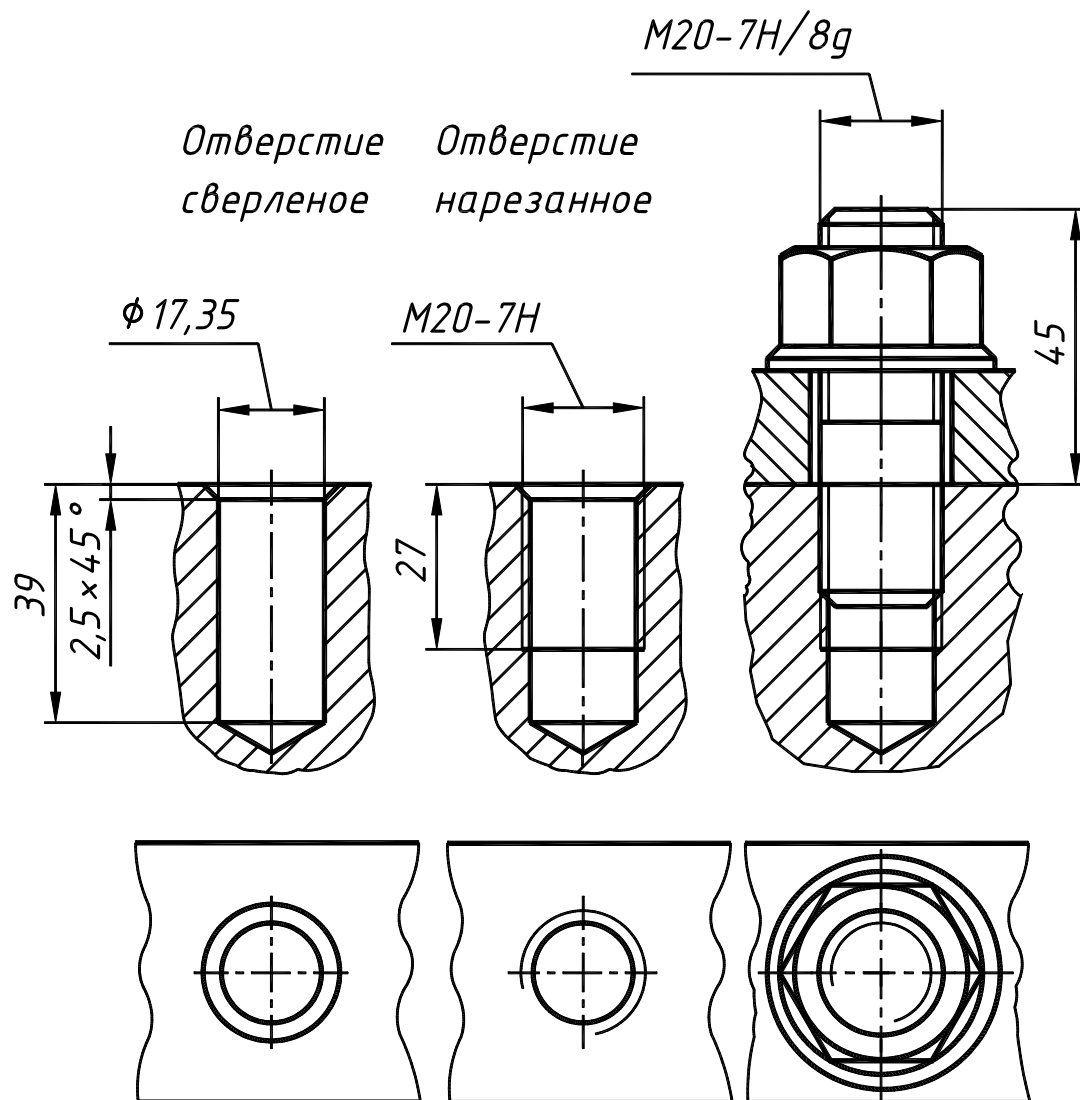
## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение 1** (с. 124) содержит пример выполнения сокращённого задания №3 (Крепежные резьбовые изделия, разъемные соединения деталей).

Задание состоит в выполнении сборочных чертежей (два формата А4). Согласно вариантам задания, приведенным в таблицах 35, 36 вычертить разъемные соединения деталей: а) болтовое соединение, б) соединение шпилькой.

**Приложение 2** (с. 126) содержит контрольные вопросы, задаваемые при защите выполненных заданий по машиностроительному черчению и ответы на них.





Шпилька M20-8g x 45.46 ГОСТ 22032-76

					ЭТ133.03.12.02.00.СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Соединение шпилькой		
Разраб.	Кузьмин						
Пров.	Решетов				Лит. Масса Масштаб		
Т. контр.					1:1		
Н. контр.					Лист Листов 1		
Утв.					ЮУрГУ Кафедра ИКГ		

## ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ ЗАДАНИЙ ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ

### **Вопросы к защите задания №3 Резьбы, крепёжные резьбовые изделия**

Что такое **резьба**?

**Резьбой** называется поверхность, образованная винтовым движением некоторой плоской фигуры по цилиндрической или конической поверхности, причем плоскость фигуры всегда проходит через ось поверхности вращения. В первом случае резьба называется цилиндрической, во втором – конической.

Какая разница между правой и левой резьбой?

В зависимости от направления винтовой линии резьбы делятся на **правые** и **левые**. Правая резьба образуется контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси от наблюдателя. Резьбу, образуемую контуром, вращающимся против часовой стрелки, называют левой.

Что называется **профилем резьбы**?

Фигура сечения винтового выступа плоскостью, проходящей через ось резьбы, называется профилем резьбы. В зависимости от профиля резьбы делятся на треугольные, трапецеидальные, круглые и прямоугольные.

Что такое **шаг резьбы**?

Расстояние ( $P$ ) между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное вдоль оси резьбы, называется **шагом**. Резьбы, имеющие одинаковый номинальный диаметр, могут иметь один крупный и несколько мелких шагов.

Что называется **ходом резьбы**?

Ход резьбы ( $P_h$ ) – относительное осевое перемещение винта (гайки) за один оборот, равное произведению  $nP$ , где  $n$  – число заходов резьбы. В зависимости от количества винтовых линий резьбы делятся на однозаходные и многозаходные. Число заходов можно сосчитать на торце стержня или отверстия.

Что такое **недорез резьбы**?

Участок конечных витков резьбы, имеющих неполный профиль, называется сбегом резьбы. Сбег резьбы образуется при отводе режущего инструмента или от его заборной части. Если резьбу выполняют до некоторой поверхности, не позволяющей доводить резьбонарезающий инструмент до упора к ней, то образуется недовод резьбы. **Сбег плюс недовод** образуют **недорез** резьбы.

Что такое **фаска** наружной и внутренней резьбы, и от какого параметра зависит её размер?

**Фаска** – коническая поверхность с углом наклона образующих к оси стержня или отверстия, равным  $45^\circ$ . Предохраняет крайние витки от повреждения и служит направляющей при соединении деталей с резьбой. Фаску выполняют до нарезания резьбы. Её размер зависит **от шага резьбы**, а не от диаметра.

Какой **тип резьбы** применяется для крепежных соединений?

**Метрическая** резьба является основным типом крепежной резьбы. Профиль резьбы представляет собой равносторонний треугольник с углом профиля  $\alpha=60^\circ$ . Для каждого диаметра метрической резьбы стандарт предусматривает один крупный шаг и несколько мелких. Обозначение метрической резьбы начинается с буквы **M**.

Какой тип резьбы используется для трубных соединений?

Резьбу трубную цилиндрическую применяют на водо-газопроводных трубах, угольниках, крестовинах, трубопроводной арматуре. Резьба треугольного профиля с углом  $\alpha=55^\circ$  при вершине называется трубной. Обозначение трубной резьбы начинается с буквы **G**.

Как изображают резьбу на чертежах?

ГОСТ 2.311-68 устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

**Наружная резьба** на плоскости, параллельной оси резьбы, на стержне изображается **сплошными толстыми линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру**. Тонкие линии проводятся на всю длину резьбы без сбегов и пересекают линию границы фаски. На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой линией, а по внутреннему диаметру резьбы проводится тонкой сплошной линией дуга, равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается.

Внутренняя резьба на продольном разрезе изображается сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру резьбы, проводимыми на всю длину резьбы (от линии, обозначающей границу резьбы, и до линий, изображающих фаску). На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой линией, а по наружному диаметру резьбы проводится тонкой сплошной линией дуга, равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается.

Расстояние между толстой и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы, должно быть **не менее 0,8 мм и не более шага резьбы**.

Линия, изображающая границу резьбы, наносится в том месте, где кончается резьба полного профиля и начинается сбег резьбы. Сбегом резьбы называется участок конечных витков резьбы, имеющих неполный профиль. Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбega.

Как наносят **штриховку** в разрезах и сечениях резьбовых изделий?

**Штриховку** в разрезах и сечениях резьбовых изделий наносят до сплошной основной линии, т.е. до линии наружного диаметра резьбы на стержне и линии внутреннего диаметра резьбы в отверстии.

Какие **классы точности** предусмотрены стандартом для метрической резьбы?

Для метрической резьбы ГОСТ 16093-2002 предусматривает три класса точности: **точный, средний, грубый**.

Различаются ли обозначения полей допусков для наружной и внутренней резьбы?

Поля допусков наружной резьбы содержат **строчную** латинскую букву, например **4g** – точный класс, **6g** – средний класс, **8g** – грубый класс. Поля допусков внутренней резьбы содержат **прописную** латинскую букву, например **5H** – точный класс, **6H** – средний класс, **7H** – грубый класс.

Как резьба обозначается?

Обозначение стандартной резьбы включает в себя её вид, размер, шаг и ход, направление, поле допуска. Пример обозначения резьбы метрической с номинальным диаметром 12 мм

с крупным шагом:	наружной	<b>M12–8g,</b>
	внутренней	<b>M12–7H,</b>
с мелким шагом:	наружной	<b>M12×1,25–8g,</b>
	внутренней	<b>M12×1,25–7H,</b>
левой резьбы:	наружной	<b>M12LH–8g,</b>
	внутренней	<b>M12LH–7H.</b>

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква, размер резьбы в дюймах, класс точности среднего диаметра резьбы – **A** или **B**. Пример обозначения резьбы трубной с условным проходом  $\frac{1}{2}$  " **G $\frac{1}{2}$ –A**

Следует обратить внимание на **условность обозначения трубной** цилиндрической резьбы. Если для метрических и других резьб число, стоящее после условного обозначения типа резьбы (**M**, **Tg**, **S**), соответствует **наружному диаметру резьбы** в мм, то в трубной резьбе число, стоящее в обозначении резьбы после буквы **G**, соответствует **размеру внутреннего диаметра трубы**, на которой нарезается данная резьба, в дюймах. Внутренний диаметр трубы называется **условным проходом** и обозначается **D<sub>y</sub>**,

Например, если резьба имеет обозначение **G1**, то это означает, что она нарезана на трубе, имеющей условный проход, равный примерно 1" ( $\approx 25$  мм), наружный диаметр 33,5, а наружный диаметр резьбы в соответствии с ГОСТ 6357-81 равен 33,249 мм.

Что такое **специальная резьба**?

Специальная резьба – это резьба со стандартным профилем, но с отличающимся от стандартных диаметром или шагом. Перед обозначением такой резьбы пишут буквы **Sp**.

Что такое **болт**?

**Болт** – крепёжное изделие, представляющее собой цилиндрический **стержень** с резьбой на одном конце и головкой (как правило, шестигранной) на другом. Болт вставляется в гладкие отверстия скрепляемых деталей большего диаметра, чем диаметр резьбы. На болт навинчивается гайка.

Что такое **гайка**?

**Гайка** – крепёжное изделие, характерное наличием резьбового **отверстия** для навинчивания на болт или шпильку, имеющие аналогичную резьбу.

**Как определить шаг резьбы** реального болта при отсутствии резьбомера?

При отсутствии резьбомера шаг резьбы можно определить при помощи **оттиска на бумаге**. Для этого следует на край стола положить лист писчей бумаги, приложить к нему резьбовую часть детали и нажатием руки получить оттиск нескольких витков. На оттиске измеряется расстояние  $\ell$  между крайними отчетливо видимыми рисками и подсчитывается число  $n$  шагов на длине  $\ell$  ( $n$  на единицу меньше числа рисок). Величина шага определяется по формуле  $P=\ell/n$ .

Что такое **шпилька**? Для чего она предназначена?

**Шпилька** представляет собой цилиндрический **стержень** с резьбой на обоих концах. Шпильки применяют для соединения деталей разной толщины. В более толстой детали выполняют глухое резьбовое гнездо, в которое вкручивают шпильку. Далее на неё надевают менее толстую деталь, имеющую гладкое отверстие. Затем, надев шайбу, навинчивают гайку.

Та часть шпильки, которая ввинчивается в резьбовое отверстие детали, называется ввинчиваемым (посадочным) концом, а часть, на которую надеваются присоединяемые детали, шайба и навинчивается гайка, называется гаечным или стяжным концом.

Что такое крепёжный **винт**?

**Винт** представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей на другом. Головки винтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим **стандартом**. Наибольшее применение имеют следующие типы крепёжных винтов: с потайной головкой (ГОСТ 17475-80); с полупотайной головкой (ГОСТ 17474-80); с полукруглой головкой (ГОСТ 17473-80);

с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491-80); винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ (ГОСТ Р ИСО 12474-2012).

Как зависит длина посадочного конца шпильки и глубина ввинчивания винта от материала детали, в которую они вкручены?

Длина  $\ell_1$ , ввинчиваемого конца шпильки и винта зависит от материала, в которую она ввинчивается. Чем менее прочен материал детали, тем больше длина ввинчиваемого конца. Для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях и деталях из титановых сплавов  $\ell_1 = d$ . Для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна  $\ell_1 = 1,25d$ . Для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов (алюминия, магния)  $\ell_1 = 2d$ .

Что такое «размер под ключ» и как он связан с номинальным диаметром резьбы крепёжного изделия?

Размер под ключ ( $S$ ) равен диаметру вписанной в шестигранник окружности. Для каждого номинального диаметра резьбы стандартом предусмотрен соответствующий размер под ключ.

Как обозначают крепёжные изделия?

Обозначение крепёжного изделия должно содержать:

- наименование крепежного изделия: болт, винт, шпилька, гайка;
- исполнение (исполнение 1 не указывается);
- символ метрической резьбы и ее наружный диаметр;
- мелкий шаг резьбы (крупный шаг не указывается);
- поле допуска резьбы;
- длина болта, винта, шпильки в мм;
- класс прочности или группа;
- марка легированной стали или сплава (марка углеродистой стали не указывается);
- обозначение вида покрытия;
- толщина покрытия (мкм);
- номер стандарта на конструкцию и размеры.

Пример условного обозначения болта с диаметром резьбы  $d=12$  мм, длиной 60 мм, класса прочности **5.8**, исполнения **1**, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы **8g**, без покрытия:

***Болт M12–8g×60.58 ГОСТ 7798–70.***

То же класса прочности **10.9**, из стали **40X**, исполнения **2**, с мелким шагом резьбы, с полем допуска резьбы **6g**, с покрытием **01**, толщиной **6** мкм:

***Болт 2M12×1,25–6g×60.109.40X.016 ГОСТ 7798–70.***

Можно ли гайку *M16-7H.5* навернуть на болт *M16×1,5-8g×50.48*?

Гайка имеет резьбу с крупным шагом, а болт – с мелким. Навинтить не удастся.

Что такое **деталь**?

**Деталь** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, но при необходимости с нанесением на него защитного или декоративного покрытия, а также изготовленное с применением сварки, пайки, склеивания. Например, литой корпус; винт, подвергнутый хромированию; коробка, склеенная из одного куска картона.

Какие существуют виды чертежей? Что такое **чертёж детали**, сборочный **чертёж**?

Виды и комплектность конструкторских документов на все изделия всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.102-2013.

**Чертеж детали** – конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные (шероховатость поверхностей, обозначение материала и т. д.), необходимые для ее изготовления и контроля. Чертежи деталей разрабатывают по чертежам общего вида изделия.

**Сборочный чертеж** – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Код чертежа – **СБ**. Сборочный чертеж является технологическим документом и предназначен для сборки уже имеющихся деталей.

Как выполняют штриховку смежных деталей на разрезах сборочных чертежей?

Штриховку в разрезах для смежных деталей выполняют в соответствии с ГОСТ 2.306-68\*, меняя угол штриховки (45° или 135°) или расстояние между линиями штриховки.

Что такое спецификация?

Сборочный чертеж должен иметь **спецификацию** – перечень всех деталей с их краткой характеристикой. Спецификация является основным конструкторским документом. Определяет состав сборочной единицы. Спецификацию выполняют на отдельных листах формата А4. Форма и порядок заполнения спецификации установлены ГОСТ 2.106-96.

Заполняется ли в спецификации графа «Обозначение» для стандартных изделий?

В графе «Обозначение» указывают обозначение составной части сборочной единицы, например: ФМ310.060202.005, где ФМ – факультет; 310 – номер группы; 06 – номер задания; 02 – номер варианта; 02 – номер узла; 005 – номер детали.

В разделе «Стандартные изделия» «Обозначение» не заполняют.

Различаются ли основные надписи на чертеже и спецификации?

Основная надпись для чертежей имеет размеры 185×55 мм, а основная надпись для первых листов спецификаций и текстовых документов (форма 2) имеет размеры 185×40 мм.

Какие требования предъявляются к **размеру шрифта позиций** на сборочном чертеже?

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Один конец линии-выноски, пересекающий линию контура, заканчивается точкой, другой – полкой. Линии-выноски и полки проводят сплошной тонкой линией. Линии-выноски не должны быть параллельны линиям штриховки и не должны пересекаться между собой и с размерными линиями. Полки линий-выносок располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку на одной линии. **Размер шрифта номеров позиций должен быть на два размера больше**, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

#### **Вопросы к защите задания №4 Выполнение чертежей некоторых деталей**

Что называется зубчатой передачей?

**Зубчатая передача** – кинематическая пара, образованная зубчатыми колесами. При последовательном соприкосновении между собой зубья передают вращательное движение от одного колеса к другому.

Что такое зубчатое колесо?

**Зубчатое колесо** – деталь зубчатой передачи в виде диска с зубьями, входящими в зацепление с зубьями другого колеса. В зацеплении двух зубчатых колес одно из колес называется **шестерней** (с меньшим числом зубьев или ведущее), другое – **зубчатым колесом** (с большим числом зубьев или ведомое).

Какова классификация зубчатых передач в зависимости от расположения осей колес?

По взаимному расположению осей колес: передачи **цилиндрические** (оси параллельны), **конические** (оси пересекаются) и **червячные** (оси скрещиваются).

Что такое делительная окружность?

В основу определения параметров зубчатого колеса положена делительная окружность. Делительными окружностями называются соприкасающиеся окружности пары зубчатых колес, катящиеся одна по другой без скольжения (диаметры  $d_1$  и  $d_2$ ).

Что такое шаг зацепления?

Расстояние между одноименными точками профиля соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности, называется **шагом зацепления** ( $p_t$ ). Отрезки, равные шагу  $p_t$ , делят делительную окружность на  $z$  частей ( $z$  – число зубьев колеса).

Основные расчетные параметры зубчатой передачи?

Основными расчетными параметрами зубчатой передачи являются **модуль** ( $m$ ) и числа зубьев шестерни ( $z_1$ ) и колеса ( $z_2$ ). Линейная величина, в  $\pi$  раз меньшая шага зацепления, называется модулем и обозначается буквой  $m$ . Числовые значения модулей зубчатых колес определяет стандарт.

**Модуль** – число миллиметров делительного диаметра, приходящееся на один зуб.

Могут ли два зубчатых колеса, находящихся в зацеплении, иметь разные модули?

Не могут, так как толщина зуба одного колеса и ширина впадины другого, определяемые шагом зацепления (модулем), должны быть равны.

Какой окружностью ограничивается зубчатый венец?

Зубчатый венец ограничивается окружностью вершин зубьев или окружностью выступов.

Какова высота головки зуба?

Расстояние  $h_a = m$ , измеренное в радиальном направлении, от делительной окружности до вершины зуба, называется **головкой зуба**.

Какова **высота ножки** зуба?

Расстояние  $h_f = 1,25 m$ , измеренное в радиальном направлении, от делительной окружности до впадины зуба, называется **ножкой** зуба. Окружность, проходящая по впадинам зуба, называется окружностью впадин.

Из каких **конструктивных элементов** в общем случае состоит зубчатое колесо?

Конструктивные элементы зубчатого колеса: **зубчатый венец, обод, диск, ступица** с отверстием, имеющим шпоночный паз или шлицы.

Что представляет собой главное изображение на чертеже (эскизе) зубчатого колеса?

В качестве главного изображения вычерчивают **полный продольный фронтальный разрез** зубчатого колеса, а на месте вида слева изображают только **контур отверстия** в ступице со шпоночными или шлицевыми пазами.

Штрихуют ли зубья зубчатого колеса на главном изображении?

На разрезах зубья зубчатого колеса ограничивают сплошной основной толстой линией и штриховку не наносят.

Какие размеры должны быть нанесены на изображении цилиндрического зубчатого колеса?

На изображении зубчатого колеса должны быть указаны размеры, относящиеся к зубчатому венцу: диаметр  $d_a$ , окружности вершин зубьев; ширина  $b$  зубчатого венца; размеры фасок или радиусы скруглений на кромках зубьев и другие конструктивные размеры, необходимые для изготовления, а также шероховатость всех поверхностей. Диаметры делительной окружности и окружности впадин на чертеже не проставляются.

Что помещают в правый верхний угол чертежа (эскиза) зубчатого колеса согласно ГОСТ 2.403-75?

В правом верхнем углу чертежа помещают **таблицу параметров** зубчатого венца, состоящую из трех частей, отделенных друг от друга сплошными толстыми линиями. В первой части содержатся основные данные для изготовления зубьев колеса, во второй – данные для контроля и в третьей – справочные данные.

Какие параметры на учебных чертежах зубчатых колёс должна содержать таблица?

На учебных чертежах выполняют сокращенную таблицу, содержащую только три параметра: модуль  $m$ , число зубьев  $z$  из первой части таблицы, и диаметр  $d$  делительной окружности из третьей части таблицы.

Как определяют модуль реального зубчатого колеса?

Измеряют диаметр  $d_a$  окружности вершин зубьев и подсчитывают число  $z$  зубьев.

По формуле  $m = d_a / (z+2)$  определяют величину модуля. Полученное значение модуля округляют до ближайшего стандартного значения и по нему рассчитывают геометрические параметры зубчатого колеса по формулам:

Диаметр делительной окружности  $d = mz$ .

Диаметр окружности вершин  $d_a$  больше диаметра делительной окружности на две высоты головки зуба

$$d_a = d + 2m = m(z+2).$$

Диаметр окружности впадин меньше диаметра делительной окружности на две высоты ножки зуба:

$$d_f = d - 2,5m = m(z-2,5).$$

Каким типом линий выполняют делительную окружность?

Делительные окружности показывают тонкими штрихпунктирными линиями.

Для чего применяются шпоночные соединения?

Шпоночные соединения применяются для устранения проворачивания на валах зубчатых колёс, шкивов, муфт, рычагов и т.п. Шпонка имеет плоские боковые грани, которые, соприкасаясь с боковыми стенками пазов вала и наружной детали, передают крутящий момент.

Какие шпонки нашли наибольшее применение в машиностроении?

Наиболее распространены шпонки **призматические** и **сегментные**.

В зависимости **от какого параметра** назначают размеры шпоночных пазов?

Размеры шпонок и пазов стандартизованы и выбираются в зависимости **от диаметра вала**.

Что такое зубчатое (шлицевое) соединение?

Соединения зубчатые (шлицевые) образуются выступами (зубьями) на валу и соответствующими пазами в ступице, насаженной на него детали. По форме профиля выступов различают прямобоочные, эвольвентные и треугольные зубчатые соединения. Прямобоочные зубчатые соединения стандартизованы. Их параметры (число зубьев –  $z$ , внутренний диаметр –  $d$ , наружный диаметр –  $D$ , ширина зуба –  $b$ ) назначают в зависимости от диаметра вала.

Какие конструктивные элементы деталей следует различать?

К конструктивным элементам деталей относят **фаски**, **шпоночные пазы**, **проточки**, **галтели**, резьбовые участки, посадочные места под подшипники (**цапфы**), **лыски**, центровые отверстия и т.д.

Для чего применяют **фаски**?

**Фаски** – конические или плоские узкие срезы (притупления) острых кромок деталей – применяют для облегчения процесса сборки, предохранения рук от порезов острыми кромками и в других случаях. Фаски обязательны на стержнях и в отверстиях с резьбой. Эти фаски назначаются в зависимости от шага резьбы ( $0,5 \times 45^\circ$ ;  $1 \times 45^\circ$ ;  $1,6 \times 45^\circ$ ;  $2 \times 45^\circ$ ;  $2,5 \times 45^\circ$ ;  $3 \times 45^\circ$ ).

Фаски обязательны на торцах у наружных и внутренних сопрягаемых цилиндрических поверхностей со стороны, с которой производится их соединение при монтаже. Размеры фасок цилиндрических поверхностей назначают в соответствии стандарту от диаметра вала или отверстия ( $0,5 \times 45^\circ$ ;  $1 \times 45^\circ$ ;  $1,5 \times 45^\circ$ ;  $2 \times 45^\circ$ ;  $2,5 \times 45^\circ$ ;  $3 \times 45^\circ$ )

Что такое **галтель**?

**Галтели** – скругления внутренних и внешних углов на деталях машин. Галтели служат для повышения прочности (выносливости) валов, осей и других деталей в местах перехода от одного диаметра к другому. Размеры галтелей выбирают согласно ГОСТ 10948-64.

Что такое **лыска**?

**Лыски** – плоские срезы на поверхности вращения, ограничивающей деталь. Лыски служат для удержания детали от вращения гаечным ключом. Размеры «под ключ» выбирают согласно ГОСТ 6424-73 из следующего ряда чисел: **10, 12, 14, 17, 19, 21, 22, 24, 27, 30, 32** и т.д.

Какое изображение при выполнении эскиза (чертежа) вала является главным? как его рекомендуют располагать на формате А3?

Для деталей круглой формы (валы, втулки, штуцера) главное изображение – **вид спереди** располагают так, что ось принимает горизонтальное положение, т. е. параллельное основной надписи чертежа. Такое изображение соответствует положению детали при ее обработке на станке.

Какими изображениями дополняют главное для выявления формы шпоночных пазов?

При наличии на валу шпоночных пазов, шлицев, главное изображение дополняется **сечениями** для простановки размеров шпоночных пазов и шероховатости боковых поверхностей шлицев.

Какими изображениями дополняют главное для выявления формы проточек для выхода инструмента при нарезании резьбы и шлифовании шеек вала?

Проточки изображают, как правило, **выносными элементами** в большем масштабе, чем главное изображение.

В зависимости от какого параметра назначают размеры проточек для выхода инструмента при нарезании резьбы?

Размеры проточек для выхода инструмента при нарезании резьбы зависят от шага резьбы.

В зависимости от какого параметра назначают размеры проточек для выхода инструмента при шлифовании шеек вала?

Размеры проточек для выхода инструмента при шлифовании шеек вала назначают в зависимости от диаметра вала в месте выполнения проточки.

В чем заключается учет технологии изготовления при простановке размеров длин участков вала?

Длины участков вала проставляют с учетом технологии его изготовления – от торца до торца, включая проточку. Проставлять размеры замкнутой цепочкой не допускается.

Как проставляют размеры одинаковых фасок?

Размеры одинаковых фасок проставляют один раз с указанием их количества.

Какую линию применяют для указания положения секущей плоскости при выполнении сечений и разрезов?

Для указания положения секущей плоскости применяют разомкнутую линию, более толстую, чем сплошная основная.

Буквы какого алфавита, и в каком порядке используют для обозначения сечений и разрезов?

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами **кириллицы**, начиная с **А**, без пропусков и повторений.

Какие стрелки больше: стрелки направления взгляда, или размерные?

Минимальная длина стрелок направления взгляда – 5 мм, размерных – 2,5 мм. На одном чертеже длина стрелок направления взгляда при обозначении сечений и разрезов должна быть больше размерных.

Этапы выполнения эскиза (чертежа) детали?

Эскиз детали должен занимать отдельный лист стандартного формата и иметь основную надпись по ГОСТ 2.104-2006. Основную надпись на формате А4 следует располагать только вдоль короткой стороны листа.

Процесс выполнения эскиза (чертежа) любой детали состоит из нескольких этапов:

- 1) Ознакомление с формой и размерами детали;
- 2) Выбор главного вида и количества изображений;
- 3) Компонировка изображений на листе;
- 4) Нанесение знаков шероховатости;
- 5) Нанесение размеров;
- 6) Оформление технических условий и заполнение граф основной надписи.

Критерии выбора главного изображения и количества изображений?

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) детали на чертеже должно быть **минимальным**, но достаточным для исчерпывающего выявления ее внешней и внутренней формы и должно давать возможность рационального нанесения размеров всех элементов детали. Следует установить необходимое (наименьшее) число изображений детали и наметить, какое из них будет главным. Главное изображение (на фронтальной плоскости) должно давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

На каком этапе выполнения эскиза производят измерение элементов детали и почему?

Измерение элементов детали производят для нанесения размерных чисел на пятом этапе выполнения эскиза. Измерение элементов детали и нанесение размерных чисел следует производить при наличии на эскизе не только изображений, но и размерных линий.

Какими параметрами характеризуют качество обработки поверхностей?

Шероховатость поверхности характеризуется величиной микро неровностей реальной поверхности (в мкм), определяющей ее отклонение от идеально гладкой поверхности. Качество поверхности по ГОСТ 2789-73 оценивается шестью параметрами. В учебных чертежах используют только два из них:  $Ra$  – среднее арифметическое отклонение профиля, т. е. среднее арифметическое значение ординат  $y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине;  $Rz$  – высота неровностей профиля по десяти точкам, т. е. сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины. Параметр  $Ra$  предпочтительнее.

Значение шероховатости каких поверхностей выносят в правый верхний угол чертежа?

В случае одинаковой шероховатости большей части поверхности детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение знака в скобках, которые означают, что все поверхности, не имеющие на чертеже знаков шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед скобкой. Размеры знаков в скобках и на изображении – одинаковы; размер знака перед скобкой увеличивается в 1,5 раза, утолщается и линия знака. Расстояние от знака до верхней и боковой рамок чертежа должно составлять **не менее 5 и не более 10 мм**.

Какие поверхности детали называют **рабочими**, какие – **свободными**?

Поверхности детали могут соприкасаться с другими деталями. Такие поверхности называют **сопрягаемыми, исполнительными (рабочими)**. Остальные поверхности детали называют **свободными**. Исполнительные поверхности детали – это те, при помощи которых деталь выполняет свою работу в машине, которые в процессе работы механизма соприкасаются с поверхностями других деталей, либо непосредственно участвуют в рабочем процессе механизма или машины (крыльчатки насосов, лопатки турбин и т.д.).

Из каких соображений назначают требования к шероховатости поверхностей деталей машин?

Работоспособность детали существенно зависит от шероховатости (величины микронеровностей) ее рабочих поверхностей. Конкретные значения шероховатости поверхности детали зависят от назначения данной поверхности. Чем выше качество обработки сопрягаемых поверхностей, тем долговечнее и надежнее механизм. Однако конструктор должен учитывать и экономический фактор – чем выше требования к качеству поверхности, тем дороже ее изготовление.

Сколько раз обозначают шероховатость поверхностей повторяющихся элементов детали?

Обозначение шероховатости (как и размер) любой поверхности должно быть нанесено **один раз**, независимо от числа изображений.

В связи с этим шероховатость поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, фасок, канавок и т. п.) наносят один раз на том изображении, где указано количество этих элементов для сосредоточения информации в одном месте чертежа.

Как обозначают шероховатость бокового профиля зуба зубчатого колеса?

Поскольку на чертеже (эскизе) зубчатого колеса, как правило, отсутствует изображение бокового профиля зуба, то его шероховатость условно наносят на продолжении штрихпунктирной линии делительной окружности.

Какой знак шероховатости используют для обозначения поверхностей детали не обрабатываемых по данному чертежу?

Если какая-либо поверхность детали не обрабатывается по чертежу, то обозначение ее шероховатости – знаки без полки ✓

Чем характерны места пересечения поверхностей деталей, выполненных литьем?

Пересечения поверхностей деталей, выполненных литьем характерны наличием плавных переходов – **литейных радиусов**. Величина литейных радиусов оговаривается в **технических требованиях** чертежа, располагаемых над основной надписью.

Особенность простановки размеров на чертежах деталей, имеющих необработанные и обработанные поверхности? (ГОСТ 2.307-2011 п. 1.16)

Размеры, определяющие параметры деталей изготовленных литьем, ковкой, штамповкой можно разбить на три группы:

- а) размеры, связывающие черные (необработанные) поверхности;
- б) размеры, связывающие чистые (обработанные) поверхности;
- в) размеры, связывающие чистые поверхности с черными.

Размеры первой группы образуют размерную сетку заготовки, размеры второй группы образуют размерную сетку механической обработки. Размеры третьей группы координируют эти две размерные сетки. Таким образом, на деталях подобного типа размеры следует проставлять так, чтобы одна группа размеров связывала только черные (необработанные) поверхности; другая группа размеров связывала только чистые (обработанные) поверхности. Согласно ГОСТ 2.307-2011 пункт 1.16, в направлении каждой координатной оси должен быть **только один размер**, связывающий эти две группы размеров (размер между чистой и черной поверхностями).