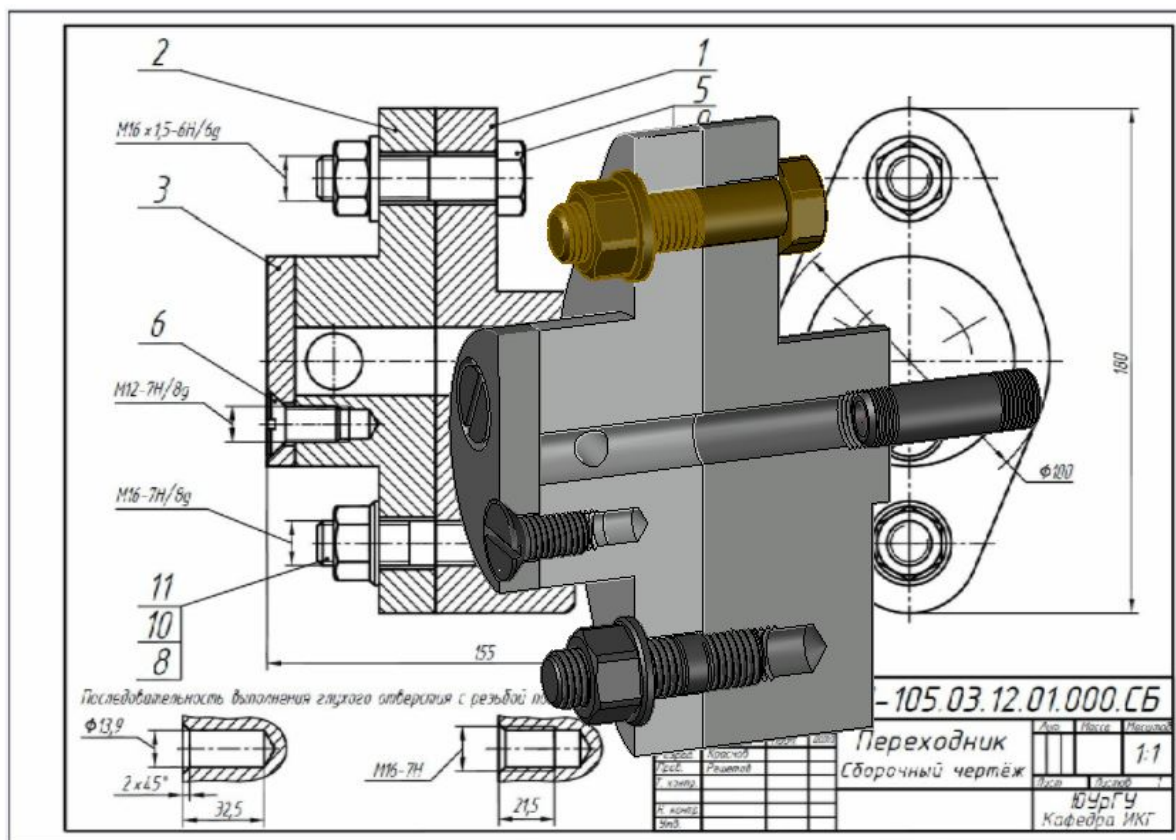


744(07)
Р472

А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова, Е.А. Усманова

СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО К ЗАДАНИЯМ ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ

Учебное пособие



Челябинск
2022

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

744(07)
P472

А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова, Е.А. Усманова

**СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО
К ЗАДАНИЯМ
ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ**

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2022

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

*Одобрено
учебно-методической комиссией
архитектурно-строительного института*

*Рецензенты:
В.Ю. Деев, В.Б. Кульневич*

Решетов, А.Л.

Р472 Справочное руководство к заданиям по машиностроительному черчению:
учебное пособие / А.Л. Решетов, Л.И. Хмарова, Е.А. Усманова. – Челябинск:
Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – 134 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 01.01.2021 г.

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

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

© Издательский центр ЮУрГУ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. РЕЗЬБА	
1.1. Формирование резьбовой поверхности	6
1.2. Классификация резьб	6
1.3. Профиль и параметры резьбы	7
1.4. Элементы резьбы	8
1.5. Резьба метрическая цилиндрическая	10
1.6. Прочие крепежные резьбы	
1.6.1. Резьба метрическая коническая	14
1.6.2. Резьба трубная цилиндрическая	14
1.6.3. Резьба трубная коническая	15
1.6.4. Резьба коническая дюймовая	16
1.6.5. Резьба круглая	16
1.7. Ходовые резьбы	
1.7.1. Резьба трапецеидальная	16
1.7.2. Резьба упорная	17
1.7.3. Резьба прямоугольная	17
1.8. Изображение и обозначение резьбы на чертежах	21
2. КРЕПЕЖНЫЕ РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ	24
2.1. Болты с шестигранной головкой	25
2.2. Шпильки общего применения	29
2.3. Гайки шестигранные	31
2.4. Крепежные винты	33
2.5. Шайбы	39
2.6. Фитинги	41
2.7. Технические требования к болтам, винтам, шпилькам и гайкам	44
2.8. Условные обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек	46
2.9. Условное обозначение шайб	47
3. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	49
3.1. Разъемные соединения деталей машин	
3.1.1. Соединения крепежными резьбовыми деталями	50
3.1.2. Шпоночные соединения	58
3.1.3. Зубчатые (шлицевые) соединения	64
3.2. Неразъемные соединения	66
4. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ	
4.1. Основные определения	73
4.2. Классификация зубчатых передач	73
4.3. Передачи зубчатые цилиндрические	74
4.3.1. Конструкция цилиндрических зубчатых колес	75
4.3.2. Выполнение чертежа зубчатой передачи	77
5. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ (КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ)	80
5.1. Правила обозначения шероховатости поверхностей на чертежах	81

6. ЗАДАНИЯ ПО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЧЕРЧЕНИЮ	84
6.1. Задание № 3. Крепёжные изделия. Соединения резьбовые	84
6.1.1. Выполнение эскиза болта	84
6.1.2. Выполнение эскиза гайки	89
6.1.3. Выполнение сборочного чертежа «Переходник»	91
6.1.4. Пример выполнения задания № 3.....	97
6.2. Задание № 4. Выполнение эскизов деталей машин	104
6.2.1. Выполнение эскиза зубчатого колеса	104
6.2.2. Выполнение эскиза (чертежа) вала с натуры	108
6.2.3. Эскиз детали, имеющей необработанные и обработанные поверхности.....	116
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	120
ПРИЛОЖЕНИЯ	120

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие 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 [12]. В пособии учтены изменения стандартов ЕСКД на 01.01.2021 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 (рис. 1), 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).

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

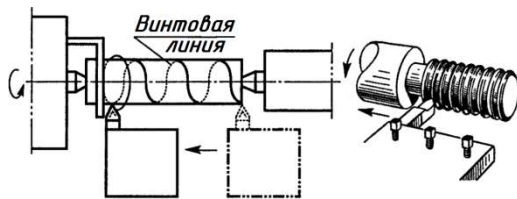


Рис. 1

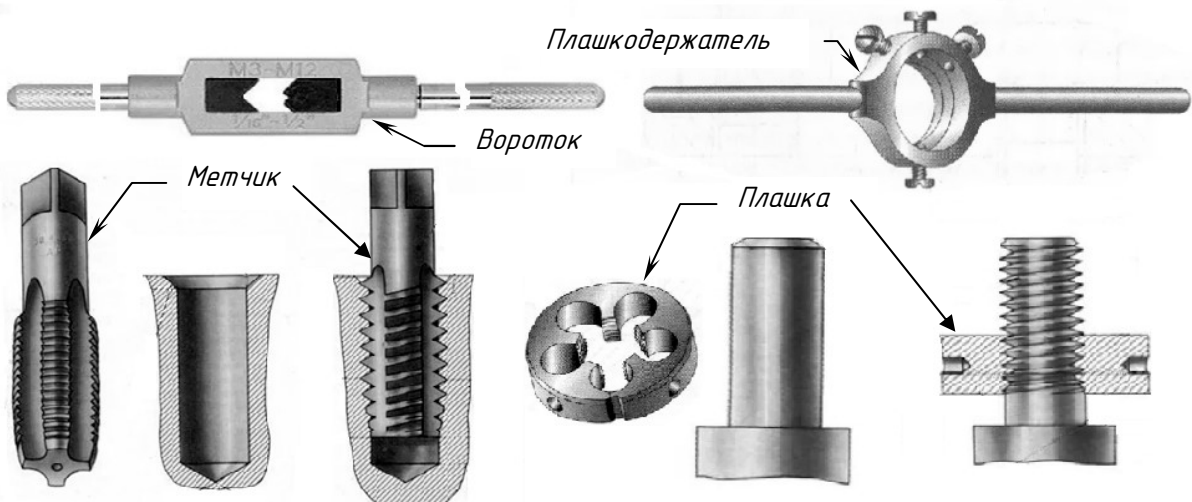


Рис. 2

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).

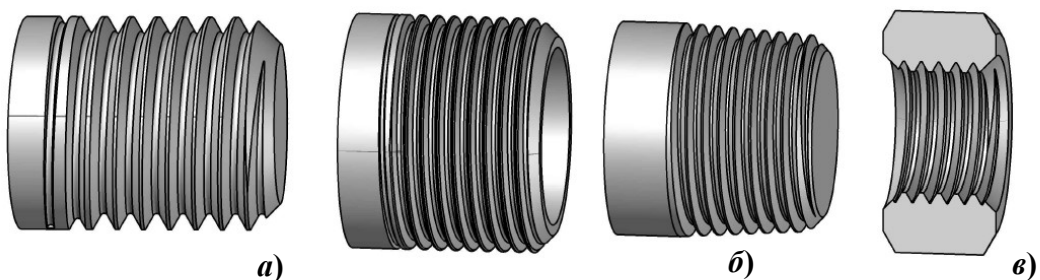


Рис. 3

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

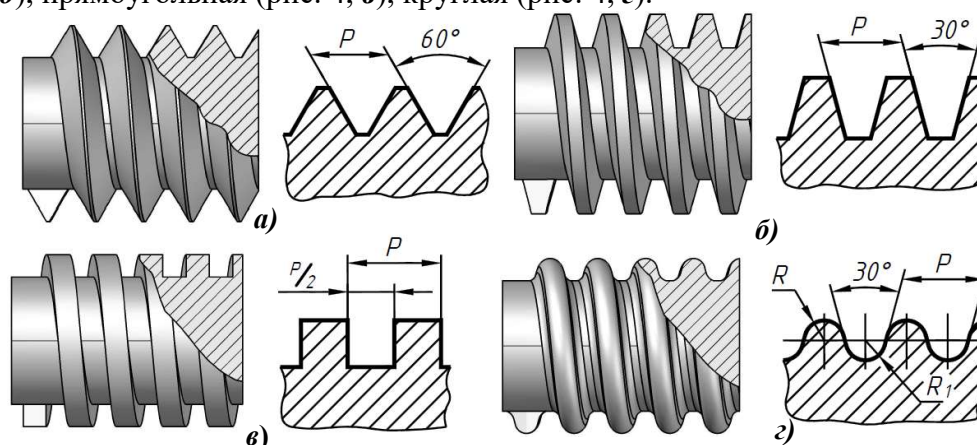


Рис. 4

По числу заходов: однозаходная (рис. 5, а, б) и многозаходная (рис. 5, в). Резьба, образованная движением одного профиля, называется **однозаходной**, образованная движением двух, трех и более профилей – **многозаходной**. Число заходов можно считать на торце стержня или отверстия.

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

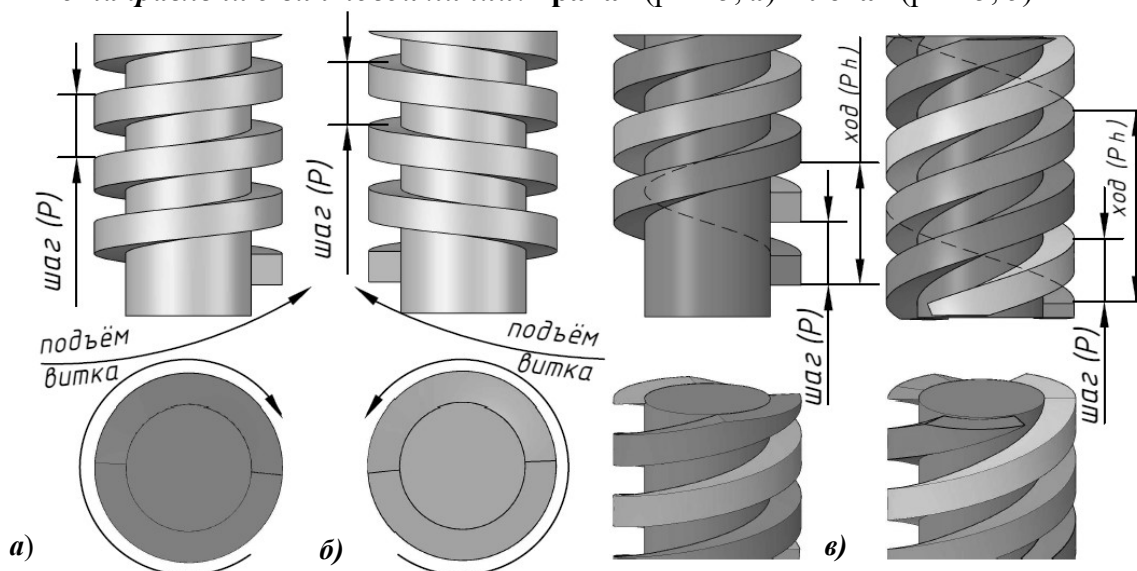


Рис. 5

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 **не стандартизованные** (параметры не соответствующие стандартным); в) **специальные** резьбы имеют стандартный профиль, а размеры диаметра или шага отличны от стандартных значений [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 **угол профиля** (углы 60° и 30° на рис. 4, угол 60° на рис. 6).

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

К параметрам резьбы относятся ее шаг и ход.

Шаг резьбы P – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренными вдоль оси резьбы (рис. 5, *а*, рис. 6).

Ход резьбы P_h – относительное осевое перемещение винта (гайки) за один оборот.

Расстояние P_h между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащего одной и той же винтовой поверхности, называется **ходом** резьбы (рис. 5, *в*). В однозаходной резьбе ход равен шагу ($P_h = P$), в многозаходной – произведению шага P на число заходов n ($P_h = Pn$).

Резьба, как внутренняя, так и наружная, характеризуется тремя диаметрами (рис. 6):

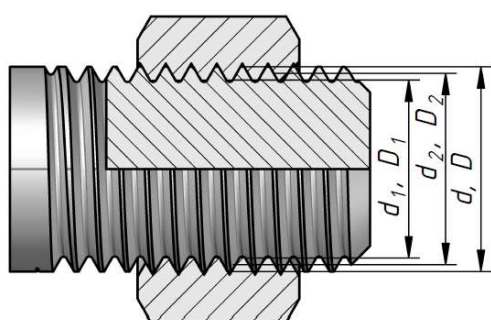


Рис. 6

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 (см. рис. 2) состоит из двух частей: конической (заборной) и цилиндрической (калибрующей). Сбег резьбы образуется от заборной части резбонарезающего инструмента.

За **длину резьбы** принимается длина резьбы полного профиля, в которую включается фаска, выполненная на конце стержня или в начале отверстия (рис. 7, *а*, *б*).

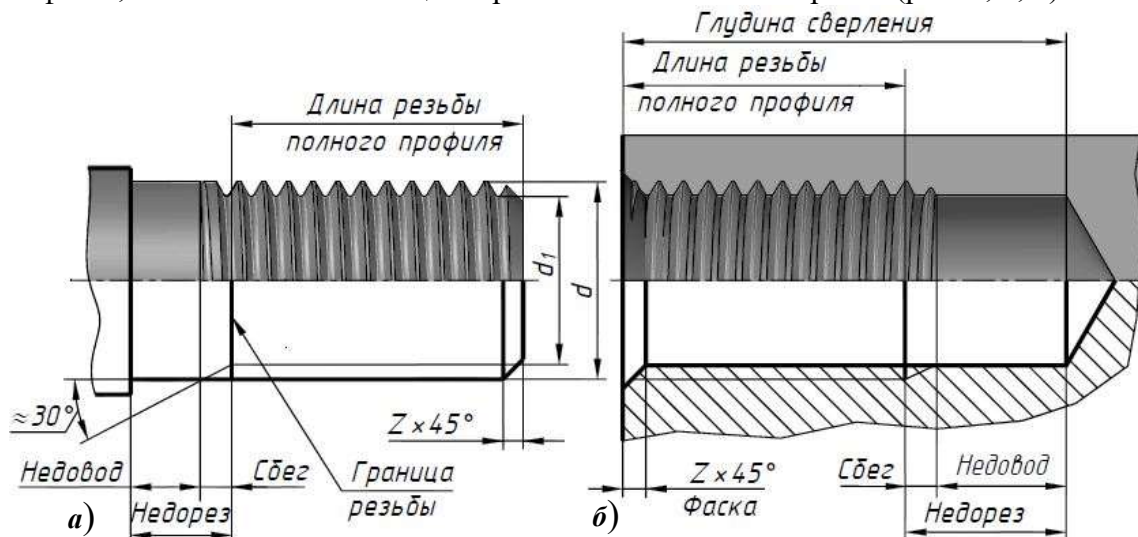


Рис. 7

Коническая **фаска (Z)** предохраняет крайние витки от повреждения и служит направляющей при соединении деталей с резьбой. Фаску выполняют до нарезания резьбы. Сбег резьбы на чертежах, как правило, не изображают.

При необходимости сбег резьбы изображается сплошной тонкой прямой линией, которая проводится примерно под углом 30° к оси резьбы (рис. 7, *а*, *б*).

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. Более подробные определения, относящиеся к резьбе, изложены в ГОСТ 11708-82.

Для того чтобы избежать образования сбегов, на детали выполняется специальная проточка, служащая для выхода резбонарезающего инструмента. Ширина проточки (g , на рис. 8, *а*, *б*) включается в длину L резьбы. Размеры проточек зависят от типа и шага резьбы.

На рис. 8 приведены проточки для выхода инструмента при нарезании метрической резьбы: *а* – наружные, *б* – внутренние.

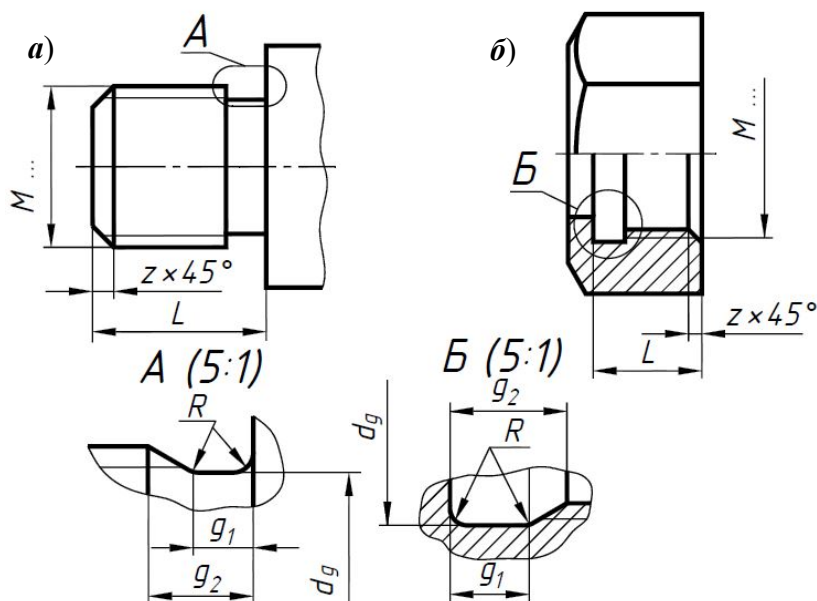


Рис. 8

Таблица 1

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

Шаг резь- бы P	Ради- ус R	Наружные (рис. 8, <i>а</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

Для трубной цилиндрической, трубной конической, конической дюймовой с углом профиля 60° и трапецидальной резьбы форму и размеры проточек устанавливает ГОСТ 10549-80 [7, с. 62–64]. 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 11708-2002. Все резьбы, за исключением прямоугольной, стандартизованы (табл. 4).

1.5. Резьба метрическая цилиндрическая

Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы [1]. Профиль резьбы установлен ГОСТ 9150-2002 и представляет собой равносторонний треугольник с углом профиля $\alpha = 60^\circ$ (рис. 9). Профиль резьбы на стержне отличается от профиля резьбы в отверстии величиной притупления его вершин и впадин.

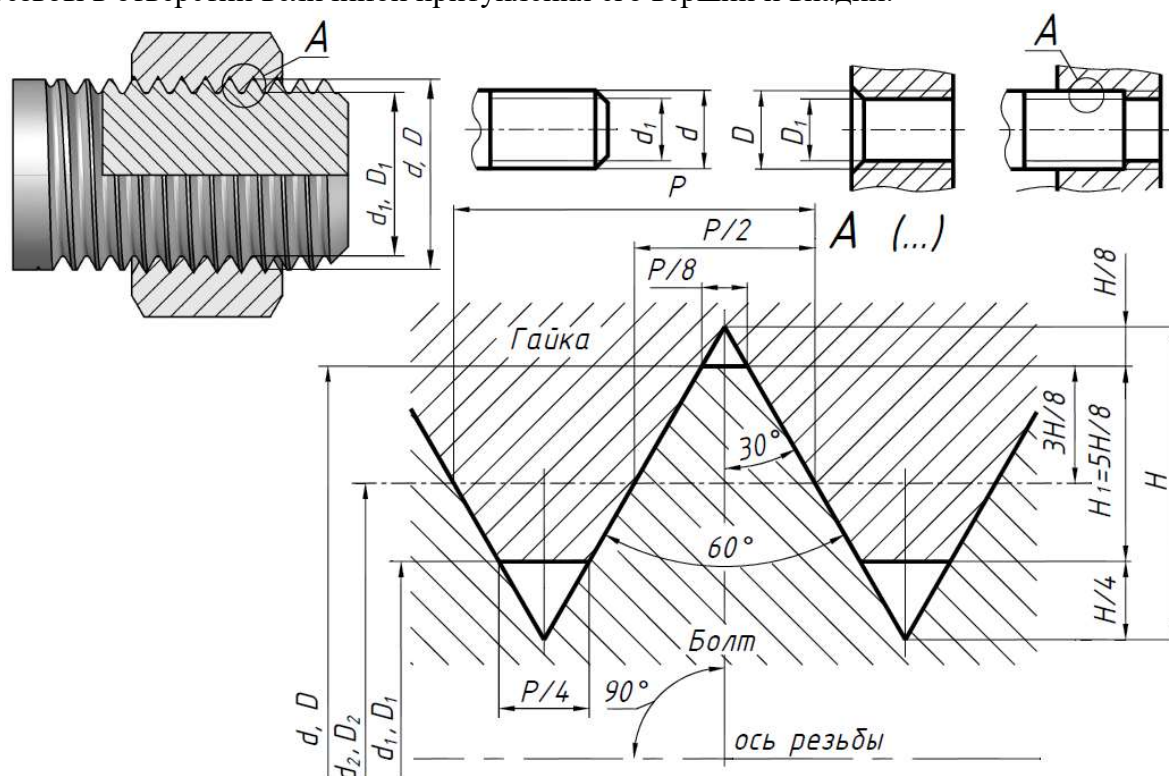


Рис. 9

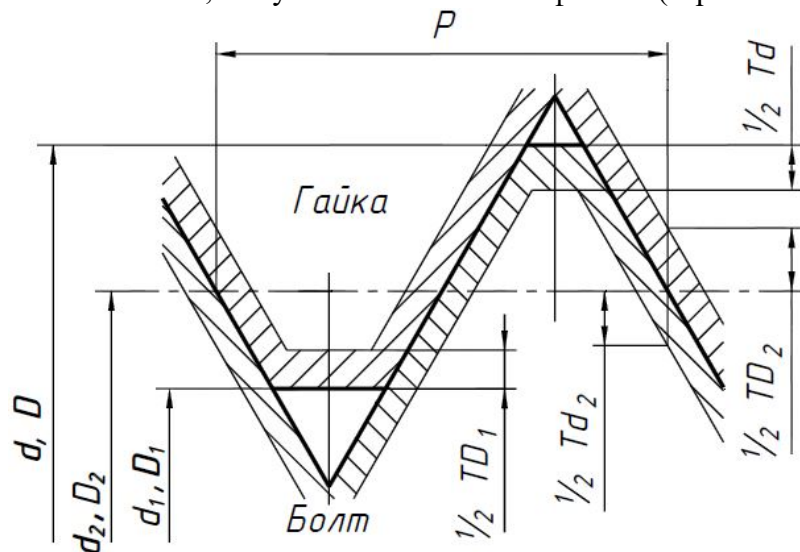
Основными параметрами метрической резьбы являются: номинальный диаметр – d (D) и шаг резьбы – P , устанавливаемые ГОСТ 8724-2002 (табл. 3).

ГОСТ 8724-2002 для каждого диаметра метрической резьбы предусматривает один **крупный** шаг и несколько **мелких** шагов. 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 **M16** крупный шаг равен 2 мм, а мелкий шаг может быть равен 1,5; 1,0; 0,75; 0,5 мм (табл. 2). 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 ГОСТ 16093-2002. 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. 10). Допуски диаметров d_1 и D не устанавливаются.

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*). Например: *4H5H*, где *4H* – поле допуска диаметра *D*₂, *5H* – поле допуска диаметра *D*₁. Если обозначение поля допуска диаметра выступов совпадает с обозначением

Рис. 10

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 из табл. 2.

Таблица 2

**Поля допусков метрической цилиндрической резьбы
для диаметров свыше 1 мм для соединений с зазором.
Длина свинчивания *N* (нормальная). ГОСТ 16093-2002**

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

Примечание: Подчеркнутые поля допусков следует применять предпочтительно.

Примеры обозначения метрической резьбы

с крупным шагом: наружной *M12–8g*, внутренней *M12–7H*,
с мелким шагом: наружной *M12×1,25–8g*, внутренней *M12×1,25–7H*,
левой резьбы: наружной *M12 LH–8g*, внутренней *M12 LH–7H*.

Посадка в резьбовом соединении обозначается дробью, в числителе которой указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, а в знаменателе – обозначение поля допуска наружной резьбы. В посадках допускаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьбы, указанные в ГОСТ 16093-2004, но предпочтительно сочетать поля допусков одного класса точности.

Например: *M12–7H/8g*; *M12×1,25–6H/6g*; *M12×1,25 LH–7H/8g*.

Таблица 3

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

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы	Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы
	крупный	мелкий			крупный	мелкий	
d			$d_f=D_f$	d			$d_f=D_f$
2,5	0,45		2,013	16	2,0		13,835
		0,35	2,121			1,5	14,376
3	0,50		2,459			1,0	14,917
		0,35	2,621			0,75	15,188
4	0,70		3,242			0,5	15,459
		0,5	3,459	18	2,5		15,294
5	0,8		4,131			2,0	15,835
		0,5	4,459			1,5	16,376
6	1,00		4,918			1,0	16,917
		0,75	5,188			0,75	17,188
		0,5	5,459			0,5	17,495
8	1,25		6,647	20	2,5		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
10	1,5	1,25	8,647			0,75	19,188
		1,0	8,917			0,5	19,459
		0,75	9,188	22	2,5		19,294
		0,5	9,459			2,0	19,835
12	1,75		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	24	3,0		20,752
		0,5	11,459			2,0	21,835
14	2,0		11,835			1,5	22,376
		1,5	12,376			1,0	22,917
		1,25	12,647			0,75	23,188
		1,0	12,917				
		0,75	13,188				

Окончание таблицы 3

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы	Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы
d	крупный	мелкий	$d_f=D_f$	d	крупный	мелкий	$d_f=D_f$
27	3,0		23,752	45	4,5		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
30	3,5		28,211	48	5,0		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	52	5,0		46,587
33	3,5		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	56	5,5		50,046
		0,75	32,188			3,0	52,752
36	4,0		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	60	5,5		54,046
		1,0	34,918			3,0	56,752
39	4,0		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	64	6,0		57,505
		1,0	37,918			3,0	60,752
42	4,5		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				

1.6. Прочие крепежные резьбы

1.6.1. Резьба метрическая коническая

Метрическая коническая резьба с конусностью $1:16$ и номинальным диаметром от 6 до 60 мм по ГОСТ 25229-82 применяется в конических резьбовых соединениях, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой, имеющей номинальный профиль по ГОСТ 9150-2002. Она имеет в основной плоскости общие размеры с метрической цилиндрической резьбой [7, с. 81].

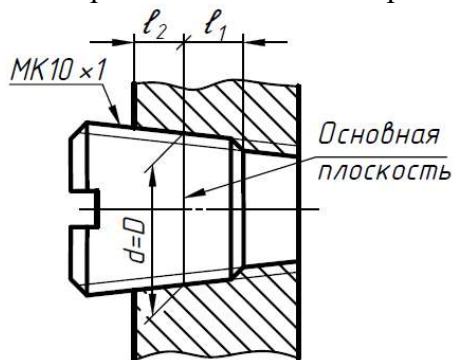


Рис. 11

Основной плоскостью резьбы называется плоскость, в которой средний диаметр имеет номинальное значение (рис.11).

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: **МК10×1**. Левая резьба: **МК10×1 LH**.

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° при вершине называется трубной [2].

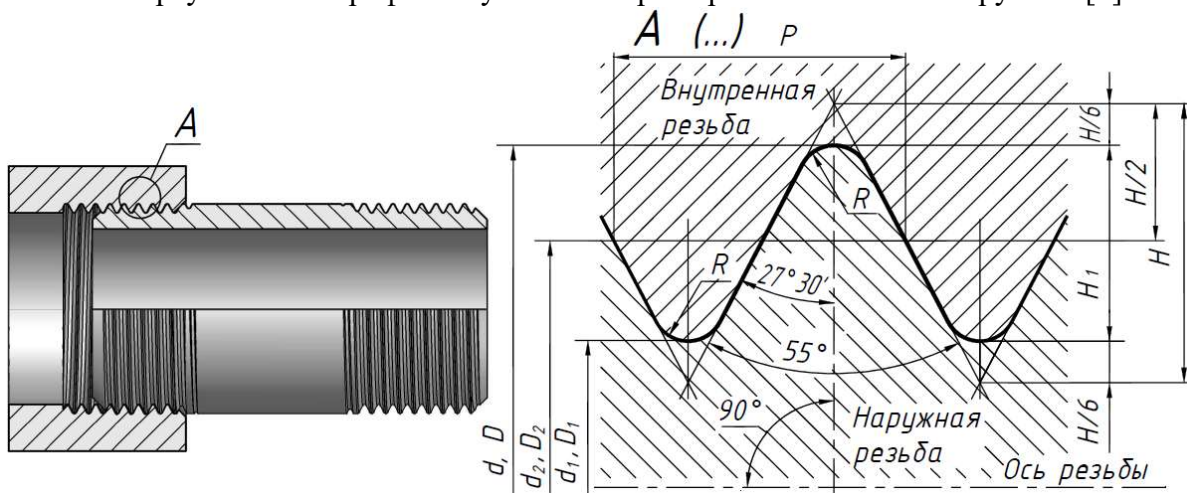


Рис. 12

Профиль трубной резьбы (рис.12), общий для наружной и внутренней резьб, имеет скругления вершин и впадин. Это делает трубную резьбу более герметичной, чем метрическая.

Трубная резьба бывает цилиндрической и конической. ГОСТ 6357–2002 устанавливает профиль, основные размеры и допуски трубной цилиндрической резьбы. Резьбу трубную применяют на водогазопроводных трубах, деталях для их соединения (муфтах, угольниках, крестовинах и т. д.), трубопроводной арматуре (задвижках, клапанах) и т.д. 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:

$G1/2-A$; $G1/2 LH-A$; $G3/8-B-20$; $G3/8 LH-B3-40$,

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

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 **Dy**. Например, если резьба имеет обозначение **G1**, то это означает, что она нарезана на трубе, имеющей условный проход, равный примерно 1" (≈ 25 мм), наружный диаметр 33,5 мм, 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.

1.6.3. Резьба трубная коническая

Резьбу трубную коническую ГОСТ 6211-81 применяют в соединениях труб при

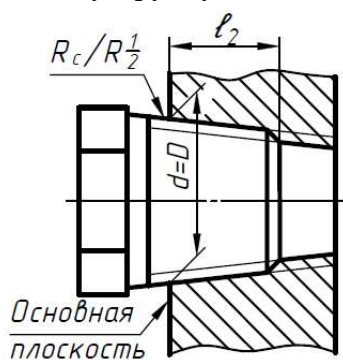


Рис. 13

больших давлениях и температуре, когда требуется повышенная герметичность соединения, например, в горловинах газовых баллонов. Угол профиля – **55°**, 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. Под основной плоскостью подразумевается плоскость, перпендикулярная оси трубы, совпадающая с торцом детали (муфты), имеющей внутреннюю резьбу (рис. 13).

На чертеже детали с наружной конической резьбой указывается положение основной плоскости (берётся из стандарта [7, с. 80]). Наружная резьба обозначается буквой **R**, например: $R^{1/2}$; внутренняя – **Rc**, например:

$R_c^{1/2}$ (рис. 15, и, к);
левые – $R^{1/2} LH$ и $R_c^{1/2} LH$ соответственно.

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

$G/R^{1/2}-A$ или $G/R^{1/2} LH-A$.

1.6.4. Резьба коническая дюймовая

Резьбу коническую дюймовую (угол профиля – 60° , конусность – $1:16$)

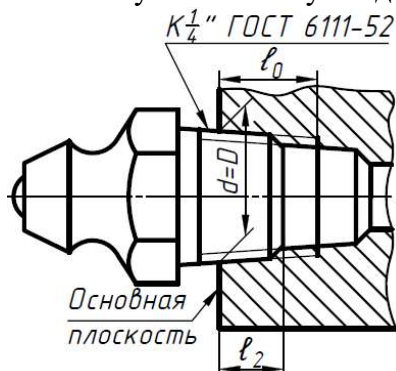


Рис. 14

ГОСТ 6111-52 (рис. 14) применяют в соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков при невысоких давлениях.

Размеры конической дюймовой резьбы приведены в [7, с. 79]. Обозначение конической дюймовой резьбы наносится на полке линии-выноски, как у трубных резьб, но с указанием стандарта. Например:

K3/4" ГОСТ 6111-52.

1.6.5. Резьба круглая

ГОСТ 13536-68 определяет профиль, основные размеры и допуски круглой резьбы (см. рис. 4, з). Эту резьбу применяют для шпинделей вентилей 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.7×2,54 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:

Rd 16;

- 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 [1]. 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° (см. рис. 4, б и табл. 4). 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):

$$Tr40 \times 6 - 8e - 85; \quad Tr40 \times 6 LH - 8e - 85.$$

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:

$$Tr20 \times 8(P4) - 8e;$$

2) то же для внутренней резьбы:

$$Tr20 \times 8(P4) - 8H;$$

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

$$Tr20 \times 8(P4) - 8e - 110;$$

4) то же для левой резьбы:

$$Tr20 \times 8(P4) LH - 8e - 110.$$

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° , а другая – под углом 30° (табл. 4). 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:

$$S80 \times 20(P10) LH.$$

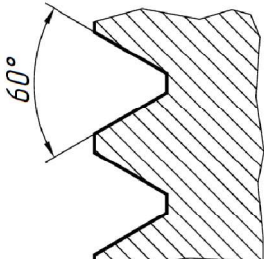
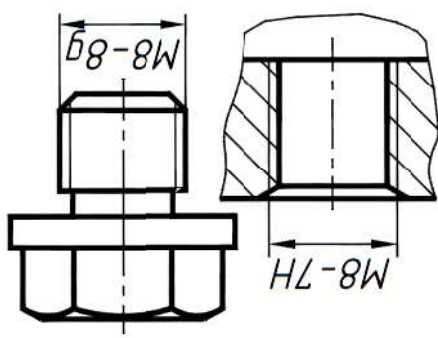
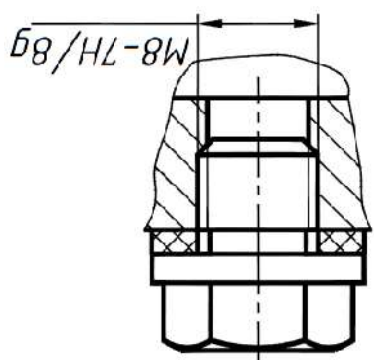
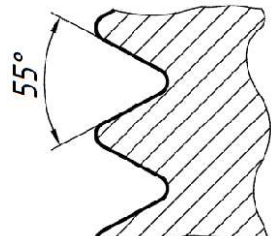
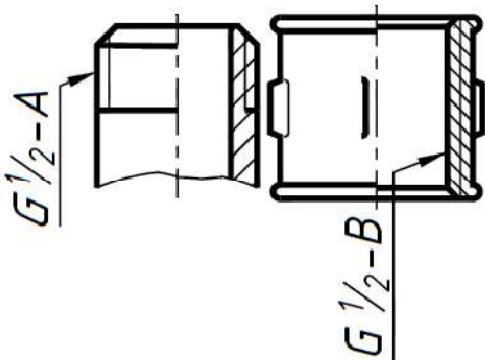
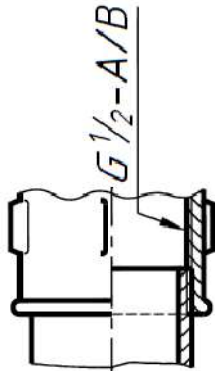
1.7.3. Резьба прямоугольная

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 трапецеидальной 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).

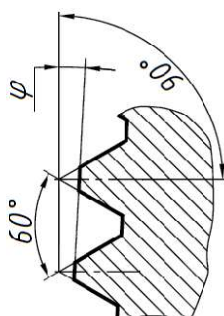
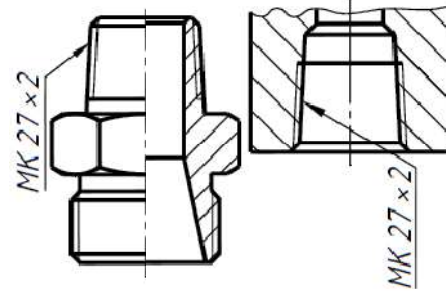
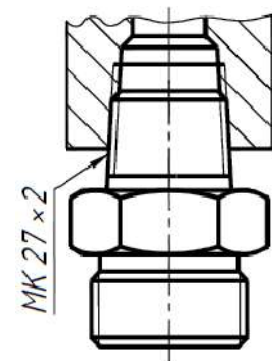
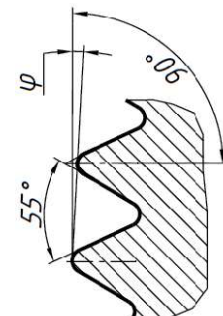
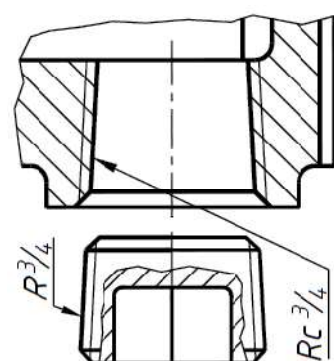
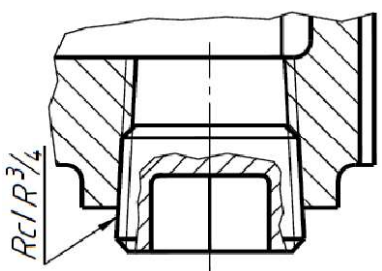
В табл. 4 приведены профили, изображение и обозначение наиболее распространенных резьб.

Таблица 4

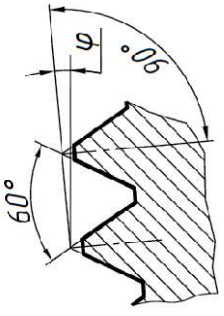
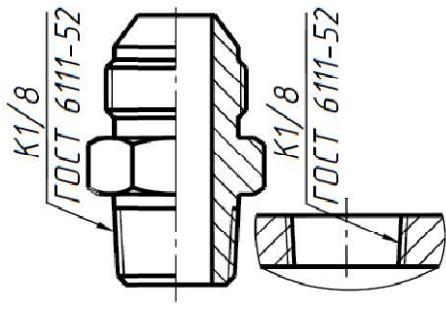
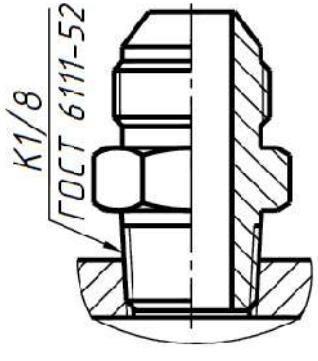
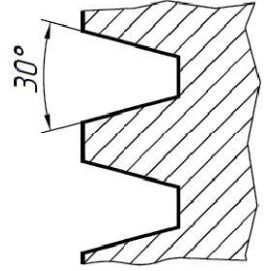
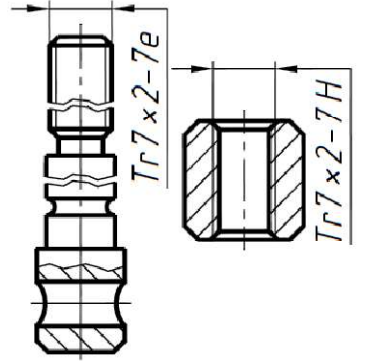
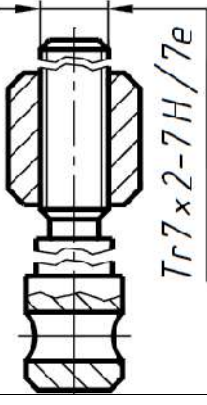
Резьба. Изображение и обозначение

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Метрическая				Профиль ГОСТ 9150-2002 Основные параметры ГОСТ 8724-2002
Трубная цилиндрическая				Профиль ГОСТ 6357-81

Продолжение табл. 4

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Метрическая коническая	 <p>$\psi = 1^{\circ}47'24''$</p>			Профиль, основные размеры, диаметр и шаг ГОСТ 25229-82
Трубная коническая	 <p>$\psi = 1^{\circ}47'24''$</p>			Профиль, диаметры, шаги, основные размеры ГОСТ 6211-81

Окончание табл. 4

Тип резьбы	Профиль резьбы	Условное изображение и обозначение	Пример обозначения резьбового соединения	Стандарт
Коническая дюймовая	 <p>$\varphi = 1^{\circ}47'24''$</p>			Профиль Основные размеры ГОСТ 6111-52
Трапецидальная				Профиль ГОСТ 9484-81 Диаметр и шаги однозаходной резьбы ГОСТ 24738-81 Многозаходной ГОСТ 24739-81

1.8. Изображение и обозначение резьбы на чертежах

ГОСТ 2.311-68 устанавливает правила изображения и нанесения обозначений резьбы на чертежах.

Наружная резьба на **стержне** изображается сплошными толстыми линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру (рис. 15 *а, д*), а для **отверстий** – тонкими сплошными линиями по наружному диаметру и сплошными толстыми линиями по внутреннему диаметру (рис. 15 *б, в*).

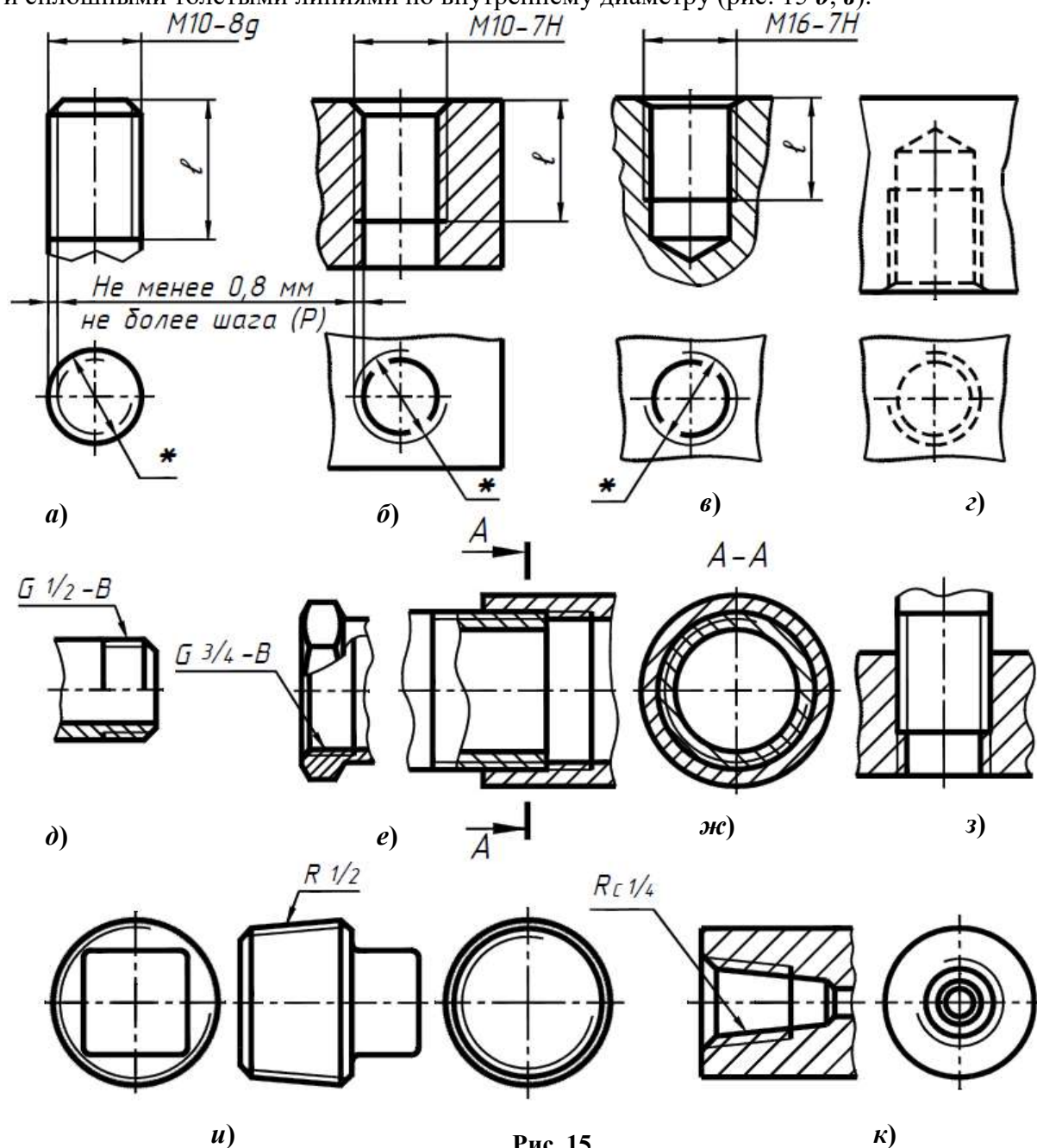


Рис. 15

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. 15, *а, и*). Расстояние между сплошными толстой и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы (рис. 15 *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. 15, з).

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

Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной толстой (рис. 15 а, б, в, д, е, ж), или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (см. рис. 15 з).

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. 15 б, в, д, е, ж, к).

Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбегов (рис. 15 а, б, в).

В необходимых случаях допускается включать сбеги в длину резьбы, а также указывать отдельно величину сбегов.

Конец глухого резьбового отверстия изображается так, как показано на рис. 15 в. Глухое резьбовое отверстие называется гнездом. Гнездо заканчивается конусом с углом 120° 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. 15 а, б).

В разрезах и сечениях резьбового соединения изображают стержень с резьбой, закрывающий резьбу в отверстии. В отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбовым стержнем (рис. 15 ж, з).

Обозначение резьбы указывают по соответствующим стандартам и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру (рис. 15). Обозначение конических резьб и трубной цилиндрической приведены на рис. 15 д, е, и, к. Примеры обозначений некоторых типов резьб приведены в табл. 7.

Следует отметить, что условное обозначение трубной цилиндрической резьбы после буквы *G* содержит число, обозначающее не наружный диаметр резьбы в мм, как у других типов резьб, а соответствует размеру внутреннего диаметра трубы, на которой нарезана резьба, в дюймах (рис. 15 д, е, и, к).

Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на рис. 16, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями.

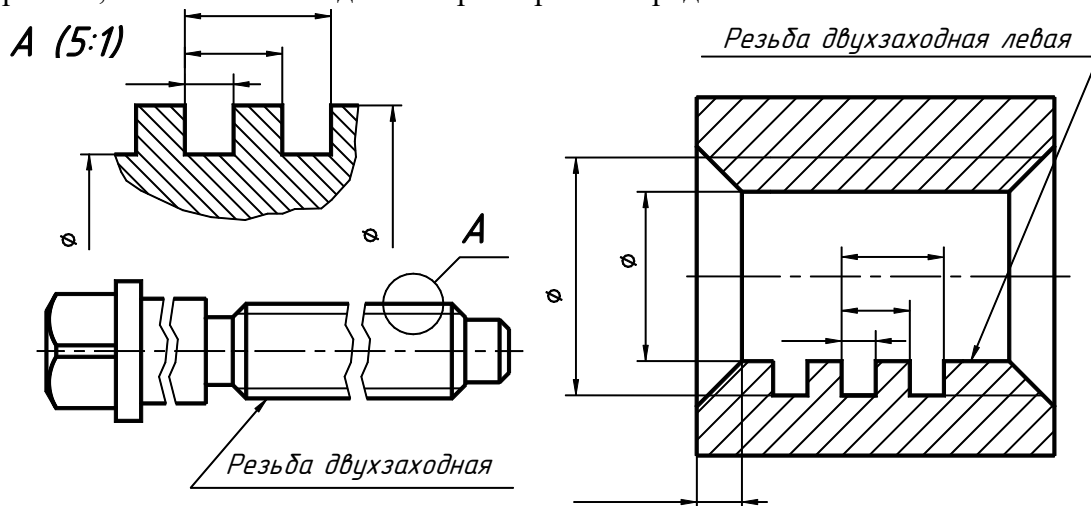


Рис. 16

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. 15, *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 резьбы, к наружному диаметру, как показано на рис. 15, *а, б, в*.

Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на рис. 15, *д, е, и, к*.

На рис. 15 знаком<*> отмечены места возможного нанесения обозначения резьбы, кроме указанных.

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^{3/4}/LH-B.

Измерение параметров резьбы

Рассмотрим приемы замера резьбы, которые обычно вызывают затруднения (рис. 17). Для определения типа и шага резьбы пользуются резьбомерами и стандартами резьб.

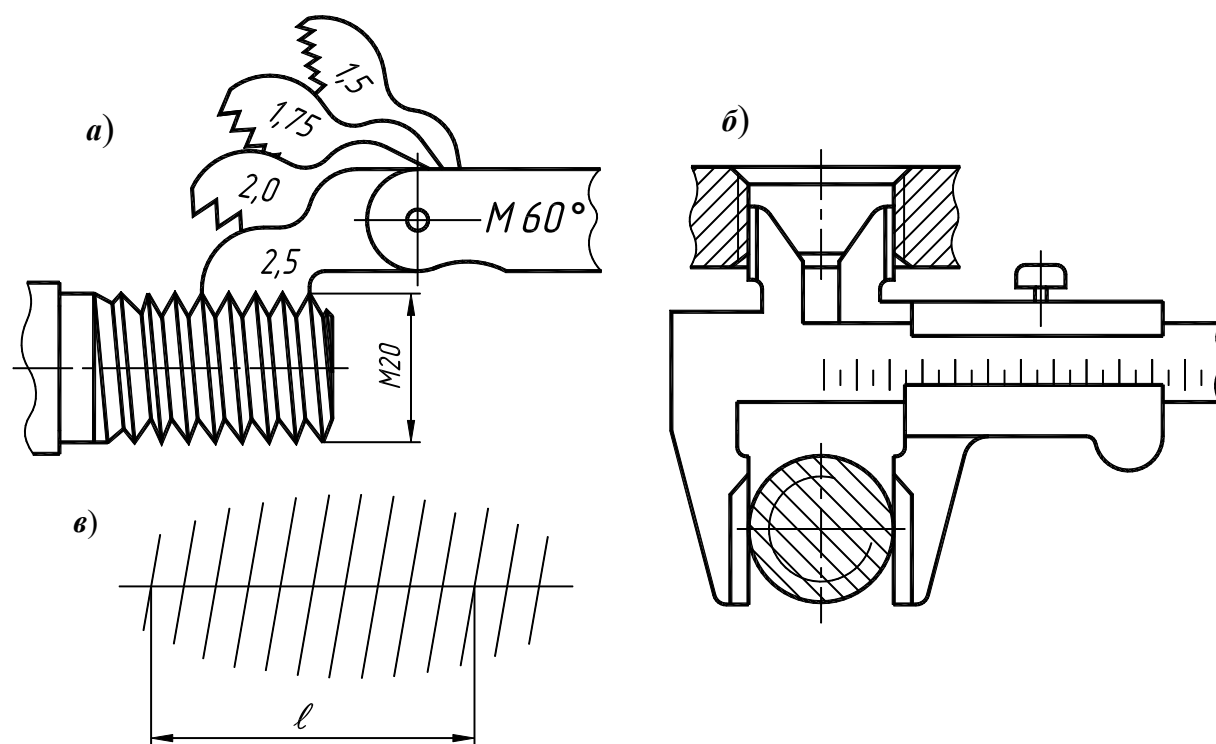


Рис. 17

Существует два вида резьбомеров: с клеймом *M 60°* – 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. 17, *а*) определяется шаг метрической резьбы или число шагов на один дюйм дюймовой или трубной резьб.

Затем штангенциркулем измеряется наружный (внутренний) диаметр резьбы (рис. 17, 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. 17, в). На оттиске измеряется расстояние ℓ между крайними отчетливо видимыми рисками и подсчитывается число n шагов на длине ℓ (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.

2. КРЕПЕЖНЫЕ РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

К крепежным резьбовым изделиям относят: болты, шпильки, гайки, винты (рис. 18), фитинги: угольники, тройники, муфты (рис. 19) и т.п. [2, 5]. С их помощью осуществляются неподвижные разъемные соединения деталей машин и механизмов.

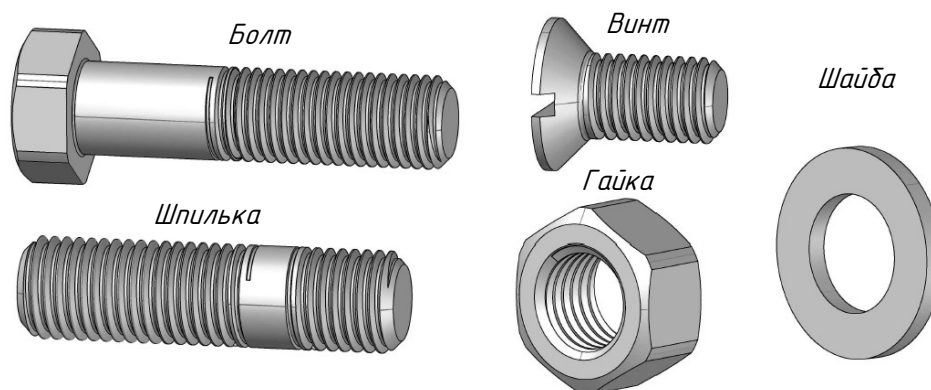


Рис. 18

Шайба также относится к крепежным деталям, но она не имеет резьбы.

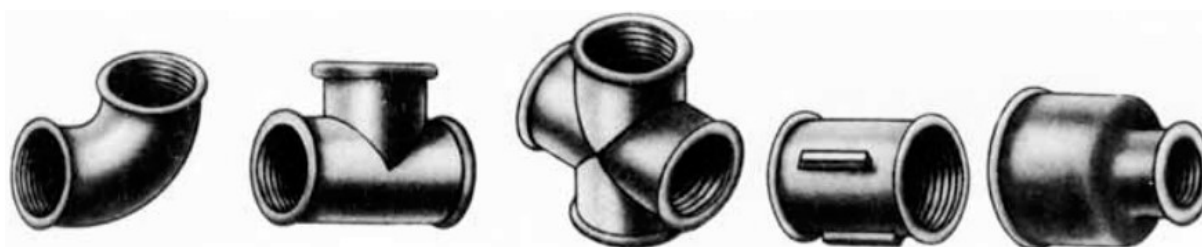


Рис. 19

На крепежных резьбовых изделиях (кроме фитингов) нарезается метрическая резьба с крупными и мелкими шагами ГОСТ 8724-2002. Допуски метрической резьбы – ГОСТ 16093-2002.

На фитингах и трубах нарезается трубная цилиндрическая резьба ГОСТ 6357-2004.

Все крепёжные изделия изготавливают по соответствующим стандартам, устанавливающим требования к конструкции, материалу, покрытию и прочим условиям изготовления этих деталей.

Каждая крепёжная деталь имеет условное обозначение, в котором отражаются: форма, основные размеры, материал и покрытие.

В зависимости от необходимых механических свойств материала, из которого изготовлена крепёжная деталь, она характеризуется определённым **классом прочности** или относится к определённой группе, которые устанавливает ГОСТ Р ИСО 898-1-2011 для болтов, винтов, шпилек и ГОСТ Р ИСО 898-2-2013 для гаек.

Условное обозначение стандартной крепёжной детали должно отражать: 1) форму и основные размеры детали, определяемые соответствующим размерным стандартом; 2) класс прочности или группу детали, характеризующие механические свойства её материала; 3) условное обозначение покрытия, предохраняющего деталь от коррозии.

При выполнении эскиза или чертежа крепежного резьбового изделия с натуры, все необходимые размеры определяют непосредственным обмером, после чего уточняют по таблицам соответствующего стандарта. Расположение размеров на эскизе (чертеже) крепежной детали должно соответствовать расположению их в стандарте. Конструктивные размеры болтов, шпилек, гаек, винтов и некоторых фитингов, необходимые для их вычерчивания, 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 из табл. 24.

2.1. Болты с шестигранной головкой

Болт – крепёжная деталь, представляющая собой цилиндрический стержень с головкой шести – или четырёхгранной на одном конце и резьбой для гайки на другом (табл. 5). Болты применяют для соединения деталей со сквозными отверстиями без резьбы. Наибольшее применение в машиностроении имеют болты с шестигранной головкой (рис. 20) повышенной, нормальной и грубой точности (классов точности **A**, **B**, **C**, с нормальной или уменьшенной головкой, с крупным или мелким шагом резьбы, выпускаемые в четырех исполнениях.

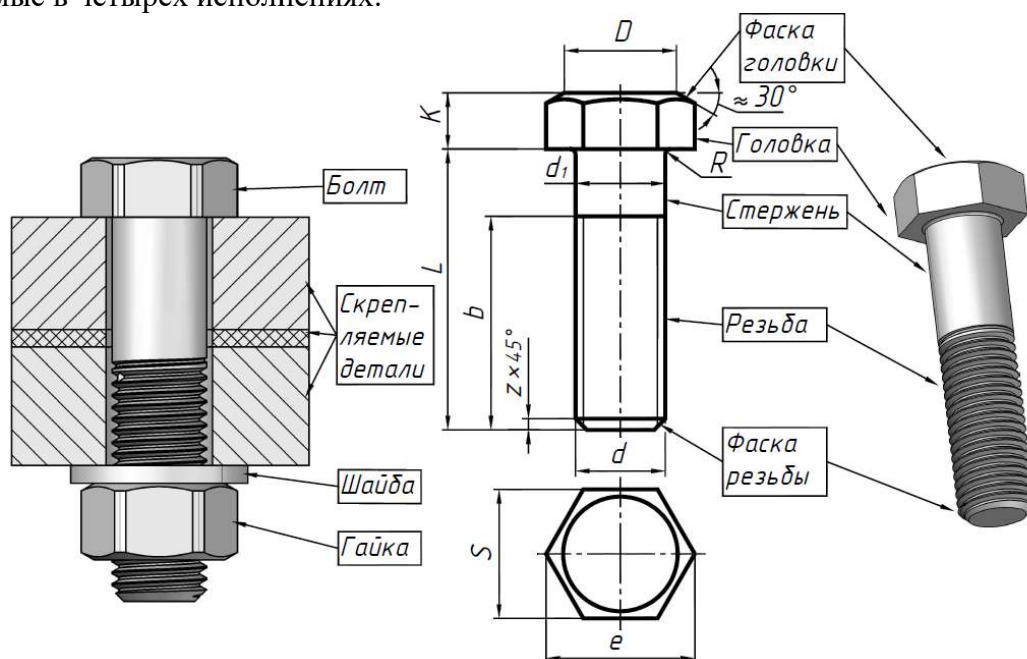


Рис. 20

Класс точности и размеры головки определяются соответствующим стандартом. Например, болты с шестигранной нормальной головкой, нормальной точности (класса точности *B*), предусматривает ГОСТ 7798-70. ГОСТ 7805-70 определяет болты повышенной точности (класса *A*) с уменьшенной головкой «под ключ».

На рис. 21 приведены варианты исполнения стержня и головки болтов.

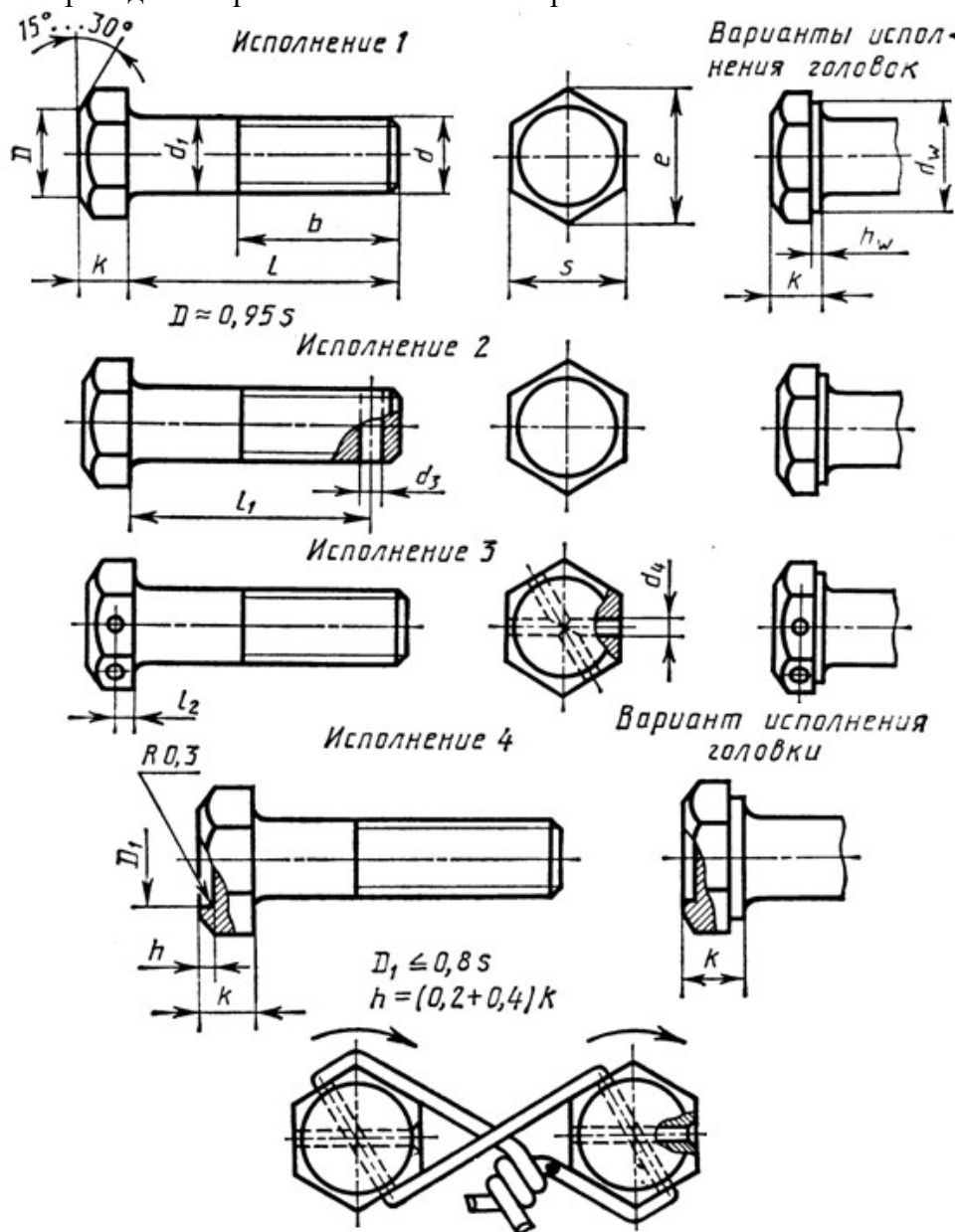


Рис. 21

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.

Болты исполнений 2 и 3 применяют для соединений деталей машин, испытывающих вибрации, толчки и удары, ведущие к самоотвинчиванию гаек и болтов. Шплинт или проволока будут этому препятствовать.

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 гиперболой. 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. 22. Определение центров для радиусов R_1 и R_2 , аналогично.

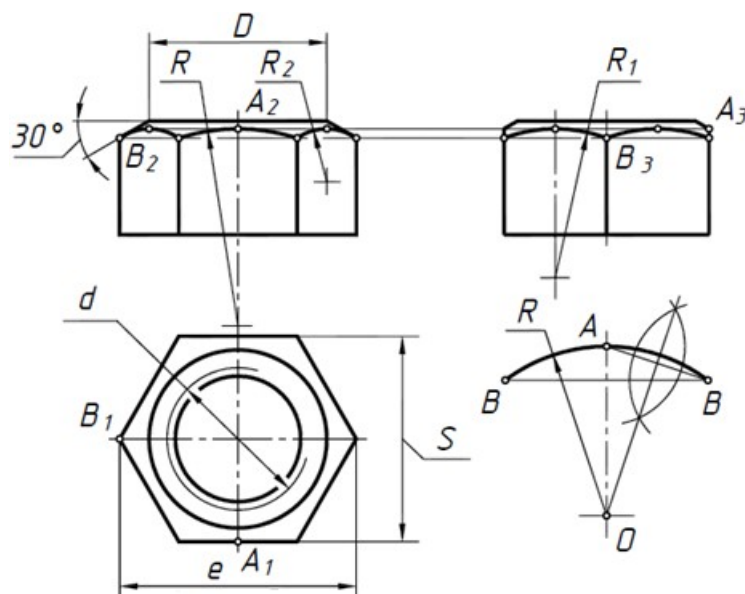


Рис. 22

На сборочных чертежах головки болтов и гайки можно вычерчивать по размерам, которые являются функцией наружного диаметра d резьбы болта (рис. 23). Эти размеры используются только для построения изображений, и на рабочих чертежах крепежных изделий их проставлять нельзя.

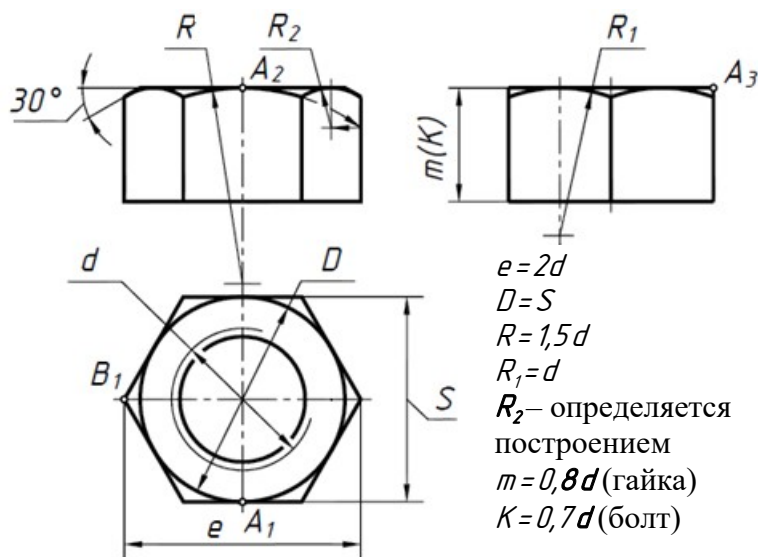
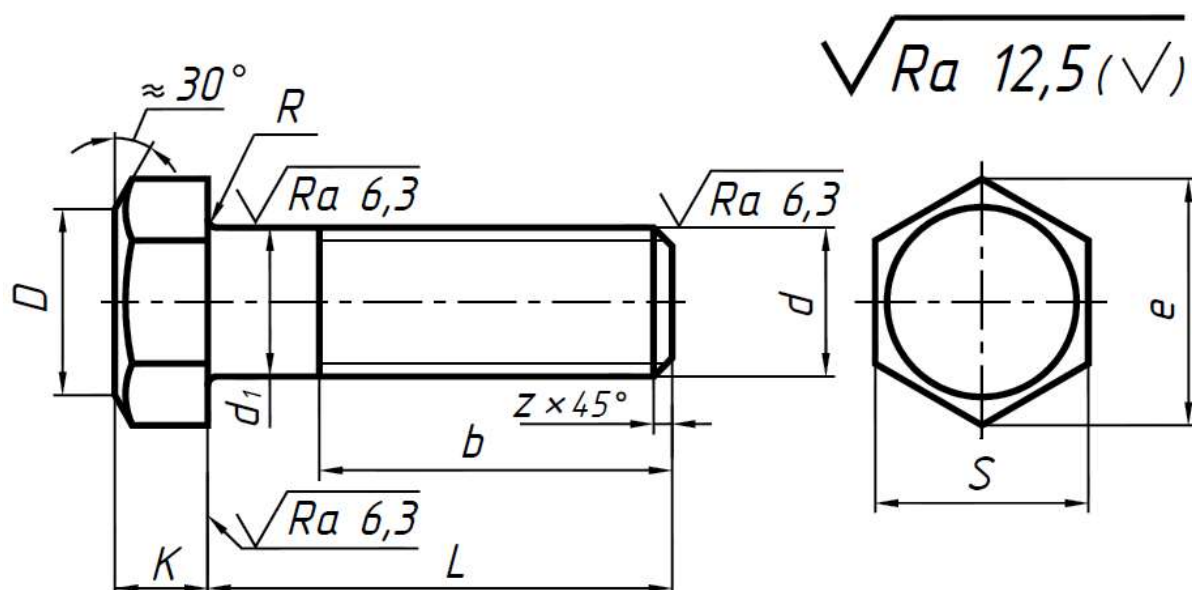


Рис. 23

Таблица 5

Болты с шестигранной головкой
(нормальной точности исполнения 1 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	2,5	2,5	2,5	3
	мелкий	–	1	1,25	1,25	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	29,9	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**

2.2. Шпильки общего применения

Шпилька – крепёжная деталь, представляющая собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах (рис. 24). Шпилька применяется в тех случаях, когда у деталей нет места для размещения головки болта, или если одна из деталей имеет значительную толщину, тогда применять длинный болт не экономично. Та часть шпильки, которая ввинчивается в резьбовое отверстие детали, называется ввинчиваемым (посадочным) концом, а часть, на которую надевают присоединяемые детали, шайбу и навинчивают гайку, называется гаечным или стяжным концом.

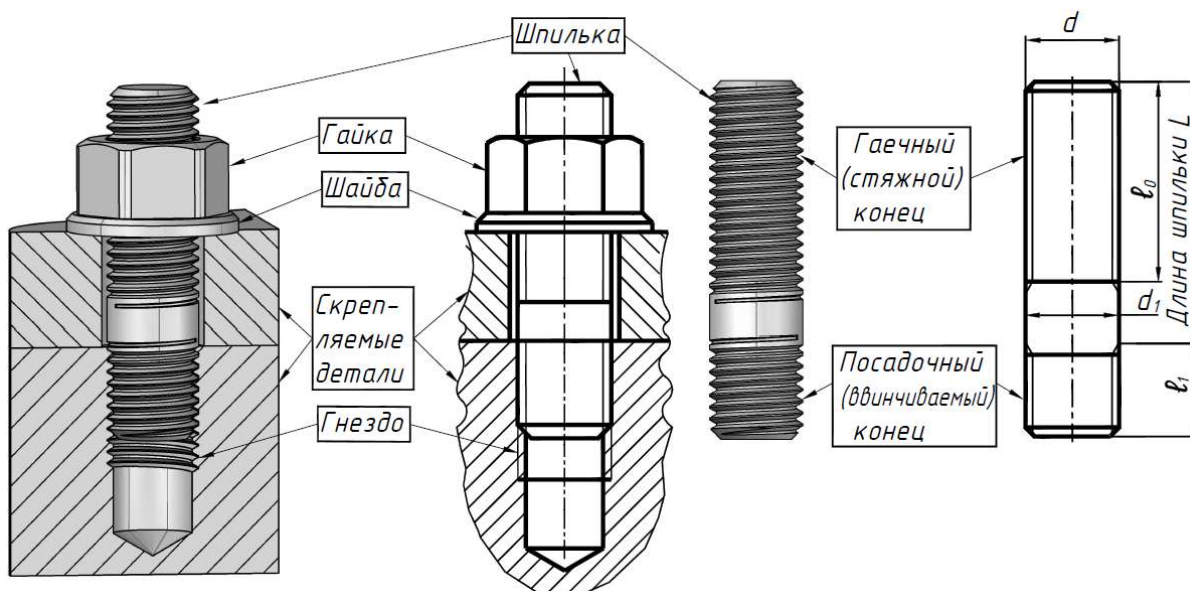


Рис. 24

Длина l_1 , ввинчиваемого конца шпильки зависит от материала, в которую она ввинчивается (табл. 6). Чем менее прочен материал детали, тем больше длина ввинчиваемого конца шпильки.

Таблица 6

Применение шпилек в зависимости от материала деталей

Шпильки нормальной точности ГОСТ	Длина ввинчиваемого резьбового конца	Область применения
22032-76	$l_1 = d$	Для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях и деталях из титановых сплавов
22034-76	$l_1 = 1,25d$	Для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна
22038-76	$l_1 = 2d$	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 58 , без покрытия:

Шпилька M16– 6g×70.58 ГОСТ 22032-76;

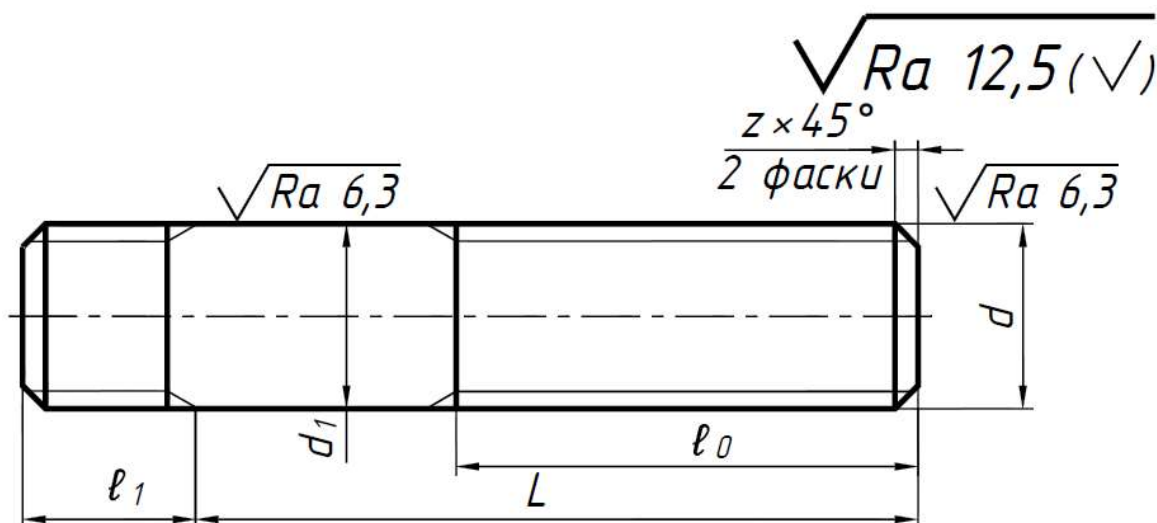
Шпилька M16– 6g×70.58 ГОСТ 22034-76;

Шпилька M16– 6g×70.58 ГОСТ 22038-76.

Конструкция и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032-76 ... ГОСТ 22043-76 (табл. 7).

Таблица 7

**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 винчи-ваемого 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
Длина шпильки L , мм		Длина гаечного конца ℓ_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 шпилек исполнения 1 равен номинальному диаметру резьбы ($d_1 = d$). В обозначении шпилек, изготовленных с диаметром стержня равным среднему диаметру резьбы, после слова «Шпилька» следует указывать цифру 2.

2.3. Гайки шестигранные

Гайка – крепёжная деталь, представляющая собой призму или цилиндр со сквозным (иногда глухим) резьбовым отверстием для навинчивания на болт или шпильку. По своей форме гайки бывают шестигранные, квадратные, круглые, гайки-барашки, колпачковые (рис. 25) и др.



Рис. 25

Шестигранные гайки подразделяют на обыкновенные, прорезные и корончатые (рис. 26).

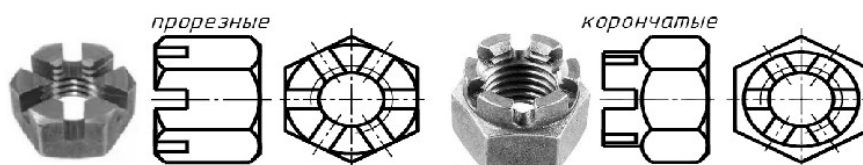


Рис. 26

Шестигранные гайки выпускают в трех исполнениях: с двумя наружными фасками – первое исполнение, с одной фаской – второе исполнение. Третье исполнение предусматривает одну фаску и цилиндрический буртик с другой стороны (рис. 27).

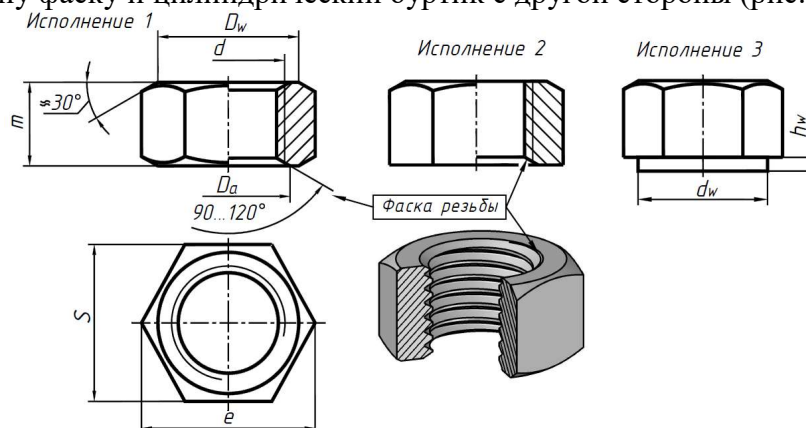


Рис. 27

Гайки бывают нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие. Особо высокие применяют, когда их приходится часто завинчивать и отвинчивать (рис. 28).

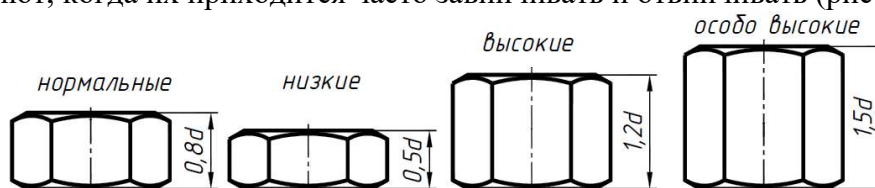


Рис. 28

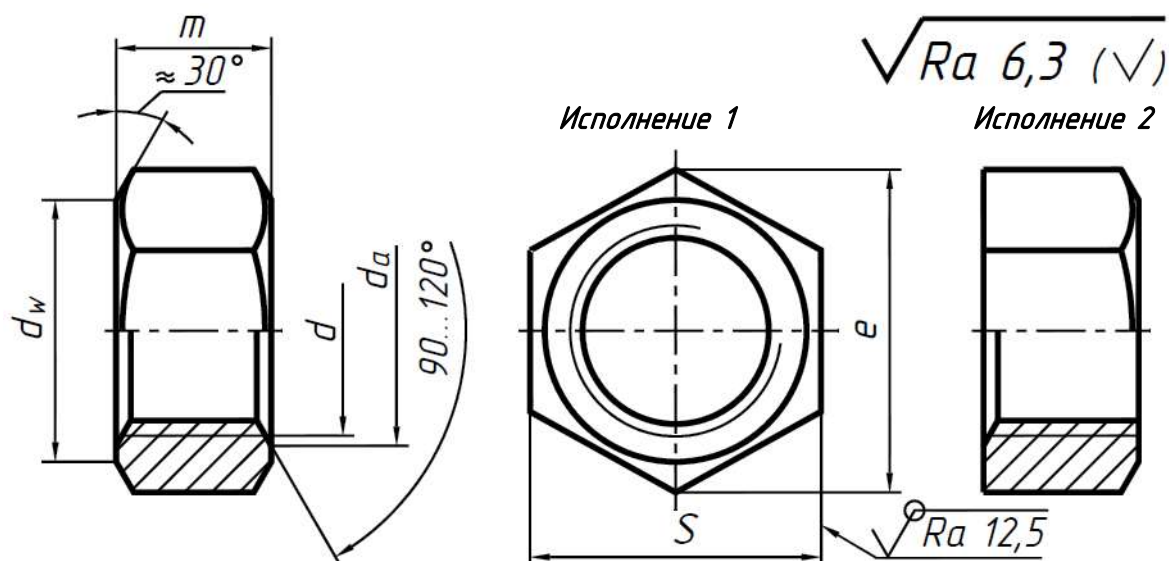
Шестигранные гайки выпускают с нормальным или уменьшенным размером «под ключ», с крупным или мелким шагом.

Шестигранные гайки выпускают повышенной, нормальной и грубой точности (классов *A*, *B* и *C* соответственно). Класс точности, высоту гайки, размер «под ключ» определяет стандарт. Например, конструкцию и размеры гаек шестигранных нормальных (высота гайки – 0,8 диаметра резьбы) с уменьшенным размером «под ключ» класса точности *A* определяет ГОСТ 2524-70. Такие же гайки, но низкие (высота гайки – 0,5 диаметра резьбы) – определяет ГОСТ 2526-70.

Наибольшее применение в машиностроении имеют обыкновенные шестигранные гайки нормальной точности (класса точности **B**) по ГОСТ 5915-70 (табл. 8).

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	3
	мелкий	—	1	1,25	1,25	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 $d=12$ мм, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 7H, класса прочности 5, без покрытия:

Гайка М12–7H.5 ГОСТ 5915–70.

То же класса прочности 12, из стали 40Х, исполнения 2, с мелким шагом резьбы $P=1,25$ мм, с полем допуска 6H, с покрытием 01, толщиной 6 мкм,

Гайка 2М12×1,25–6H.12.40Х.016 ГОСТ 5915–70.

2.4. Крепёжные винты

Винт – крепёжное изделие, представляющее 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 (рис. 29), для фиксирования относительного положения деталей – установочными (рис. 30). По способу завинчивания они разделяются на винты с головкой под отвертку и с головкой «под ключ».

Головки винтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим стандартом.

Наибольшее применение имеют следующие типы крепежных винтов (рис. 29):

- а) с цилиндрической головкой, ГОСТ 1491-80,
- б) с полукруглой головкой, ГОСТ 17473-80;
- в) с полупотайной головкой, ГОСТ 17474-80;
- г) с потайной головкой, ГОСТ 17475-80;
- д) с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ, ГОСТ 11738-84.

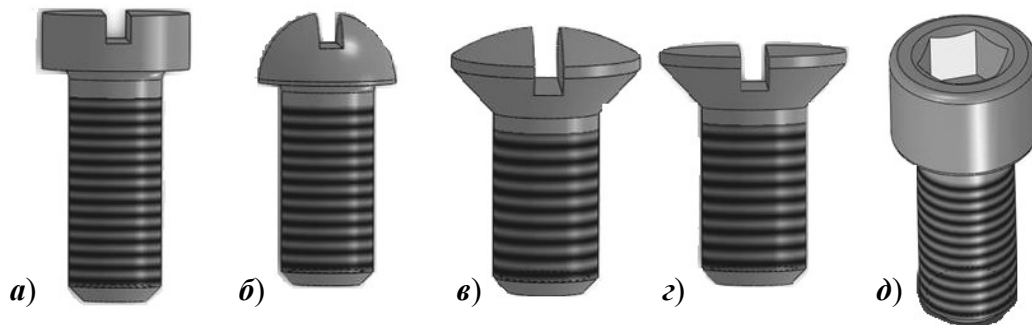


Рис. 29

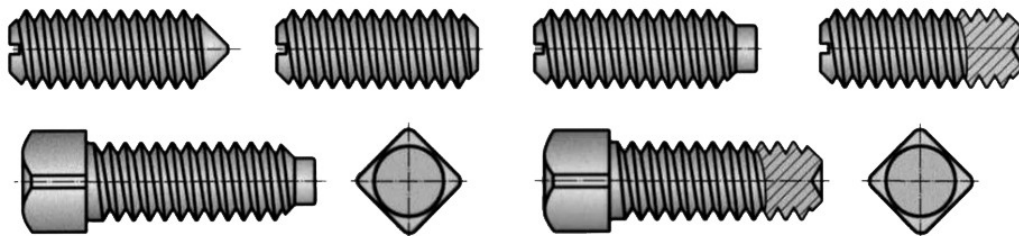


Рис. 30

На рис. 31 показана длина винтов L_B . Следует обратить внимание на различие понятия длины винта для винтов с потайной и полупотайной головкой от остальных.

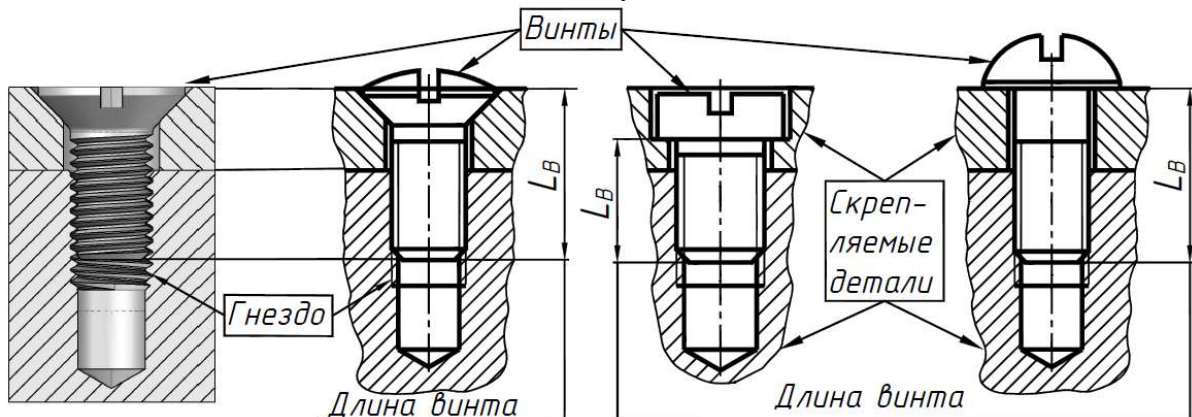
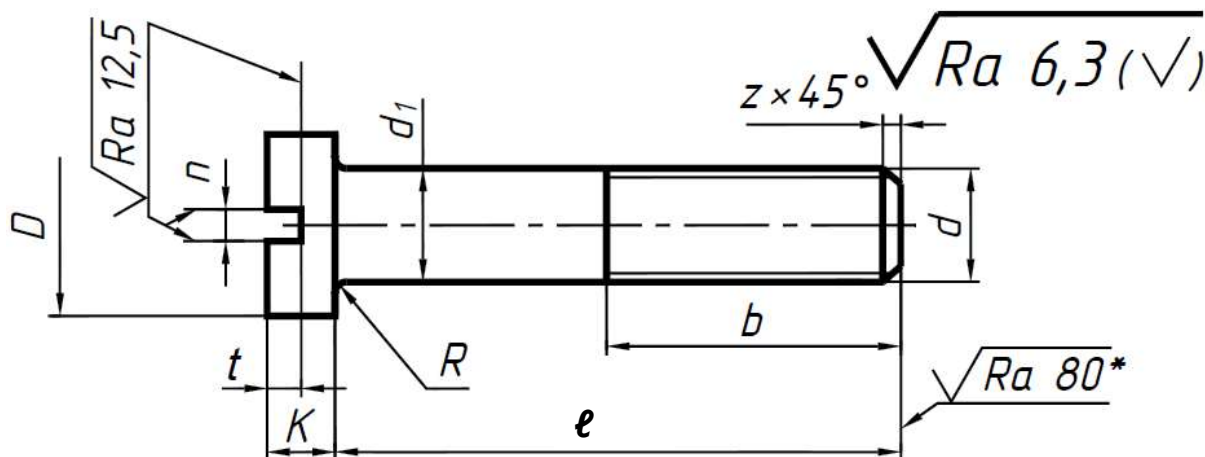


Рис. 31

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 (ГОСТ 1491-80)



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

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		0,2	0,25	0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6

Примечание: диаметр стержня $d_f = d$; длины l и b см. в табл. 14.

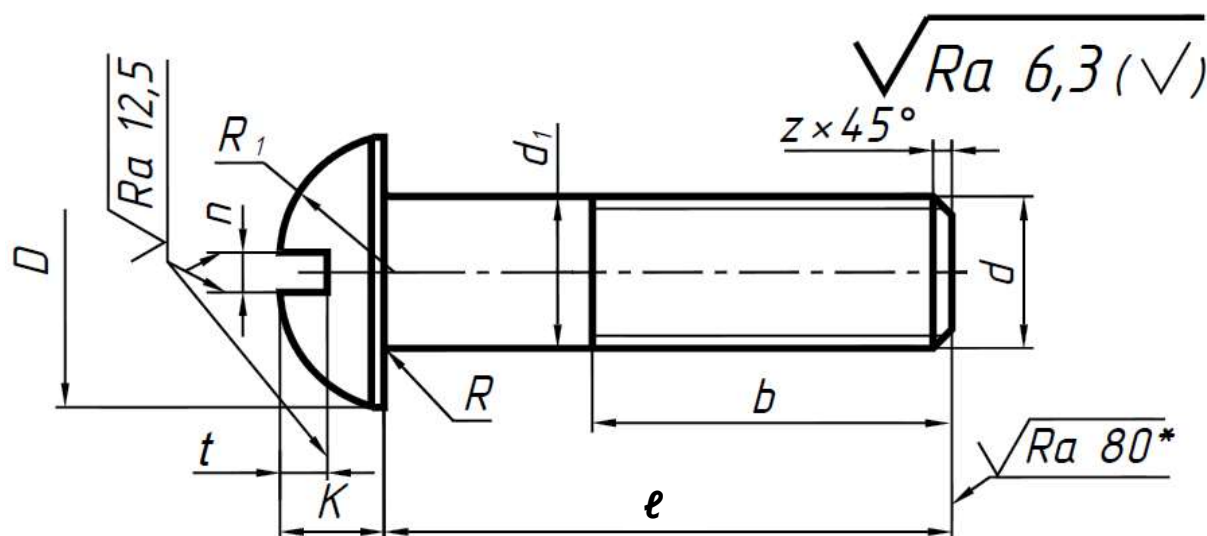
Пример условного обозначения винта класса точности *A*, диаметром резьбы $d=8$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы *6g*, длиной $l=50$ мм, класса прочности *4.8*, без покрытия с цилиндрической головкой:

Винт А. М8–6g×50.4.8 ГОСТ 1491-80.

То же класса точности *B*, с мелким шагом резьбы, с полем допуска *8g*, с покрытием *01*, толщиной *6* мкм: *Винт В. М8 × 1–8g×50.4.8.016 ГОСТ 1491-80.*

Таблица 10

Винты с полукруглой головкой (ГОСТ 17473-80)



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

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		0,2	0,25	0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6

Примечание: диаметр стержня $d_1 = d$, длины ℓ и b см. в табл. 14.

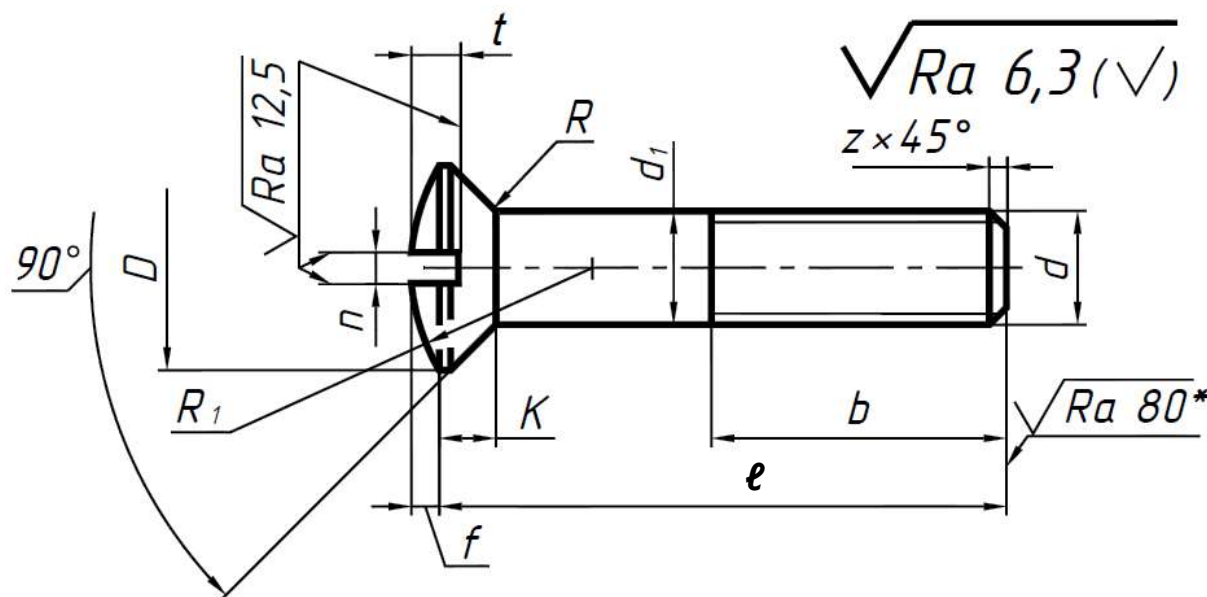
Пример условного обозначения винта класса точности **A**, диаметром резьбы $d=8$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы **6g**, длиной $\ell=50$ мм, класса прочности **4.8**, без покрытия с полукруглой головкой:

Винт А. М8–6g×50.4.8 ГОСТ 17473-80.

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

Винт В. М8×1–8g×50.4.8.016 ГОСТ 17473-80,

Винты с полупотайной головкой (ГОСТ 17474-80)



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

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

Примечание: диаметр стержня $d_f=d$; длины l и b см. в табл. 14.

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:

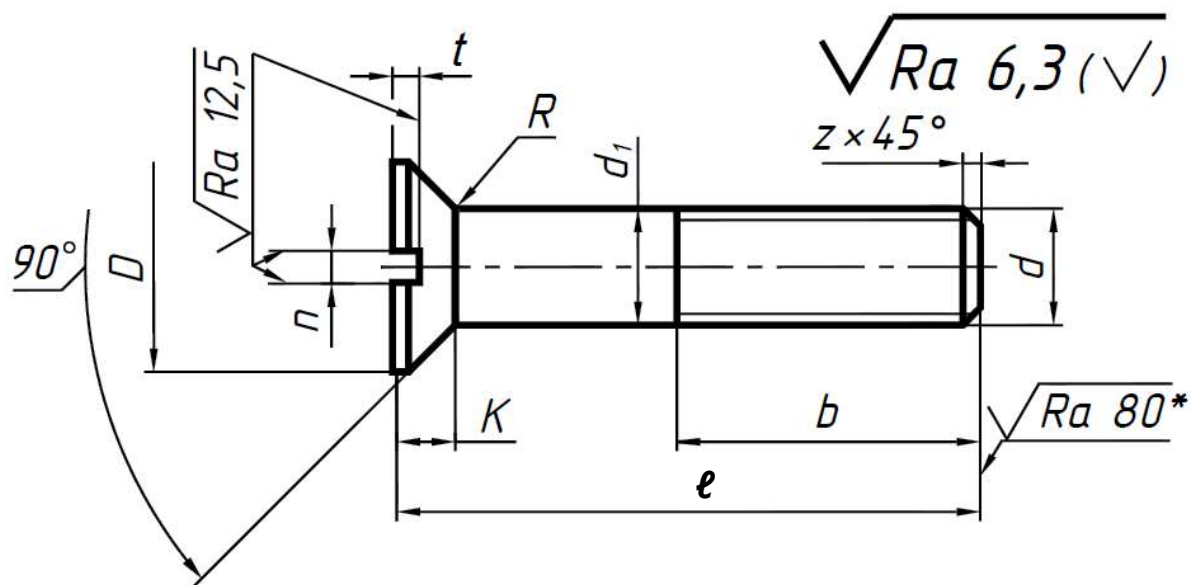
Винт А. М8–6g×50.4.8 ГОСТ 17474-80.

То же класса точности **B**, с мелким шагом резьбы, с полем допуска **8g**, с покрытием **05**, толщиной **6** мкм:

Винт В. М8×1–8g×50.4.8.056 ГОСТ 17474-80.

Таблица 12

Винты с потайной головкой (ГОСТ 17475-80)



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

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 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	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

Примечание: диаметр стержня $d_f = d$; длины l и b см. в табл. 14;

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:

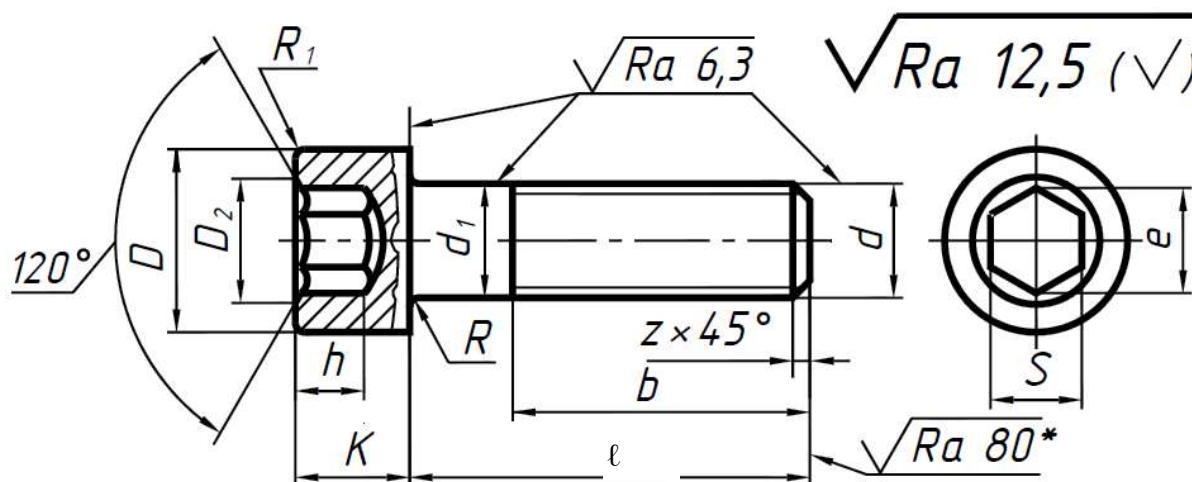
Винт A.M8–6g ×50.4.8 ГОСТ 17475-80.

То же класса точности **B**, с мелким шагом, с полем допуска **8g**, с покрытием **05**, толщиной **6** мкм:

Винт B.M8×1–8g×50.4.8.056 ГОСТ 17475-80.

Таблица 13

**Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ
(ГОСТ 11738-84)**



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

Номинальный диаметр резьбы d , мм		6	8	10	12	14	16	18	20
Шаг резьбы P	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5
	мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5
Диаметр головки D		10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0
Высота головки k		6	8	10	12	14	16	18	20
Размер под ключ S		5	6	8	10	12	14	16	17
Диаметр описанной окружности e		5,8	6,9	9,2	11,5	13,7	16,2	17,7	19,6
Диаметр фаски D_2		6,1	7,2	9,7	12,0	14,2	16,7	18,2	20,4
Высота шестигранника h		3,5	4,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Радиус головки R_1		0,5	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
Ширина шлица n	не менее	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07	4,07	5,07
	не более	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37	4,37	5,37
Глубина шлица f	не менее	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0
	не более	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6
Радиус под головкой R		0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8

Примечание: диаметр стержня $d_f=d$; длины l и b см. в табл. 14.

Пример условного обозначения винта класса точности **A**, диаметром резьбы $d=10$ мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска резьбы **8g**, длиной $l=50$ мм, класса прочности **4.8**, без покрытия с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ:

Винт А. М10–8g×50.48 ГОСТ 11738–84.

То же класса точности **B**, с мелким шагом резьбы, с полем допуска **8g**, с покрытием **02**, толщиной **6** мкм:

Винт В.М8×1–8g ×50.48.026 ГОСТ 11738–84.

Таблица 14

Длины винтов, мм
(Винты по ГОСТ 1491-80, 17473-80, 17474-80, 17475-80, 11738-84)

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	38	40
45	14	16	18	22	26	30	34	38	42
50	14	16	18	22	26	30	34	38	42
55	14	16	18	22	26	30	34	38	42
65	14	16	18	22	26	30	34	38	42
70	14	16	18	22	26	30	34	38	42
75	14	16	18	22	26	30	34	38	42
80	14	16	18	22	26	30	34	38	42

2.5. Шайбы

Шайба – крепёжное изделие, характерное наличием отверстия без резьбы, которая подкладывается под гайку в соединениях болтом, винтом и шпилькой. Бывают шайбы круглые, квадратные, пружинные, стопорные (рис. 32) и др.



Рис. 32

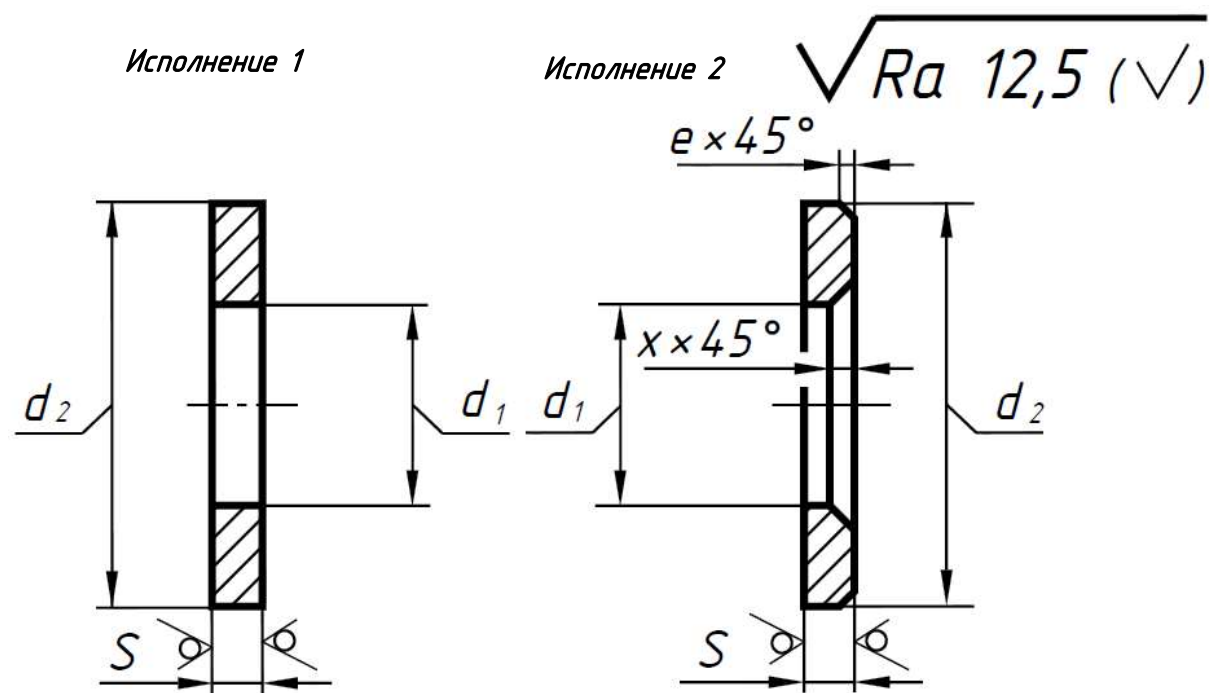
Они предохраняют поверхность детали, соприкасающуюся с ней, от износа и повреждений при закручивании гайки, увеличивают опорную поверхность. Пружинные (ГОСТ 6402-70) и стопорные шайбы (ГОСТ 10461-81... ГОСТ 10464-81) предохраняют гайки от самоотвинчивания и применяются в тех случаях, когда соединение подвергается переменным нагрузкам и вибрации.

Размеры круглых обычных нормальных шайб (ГОСТ 11371-78) приведены в табл. 15. Шайбы изготавливают двух исполнений:

исполнение **1** – без скоса кромок, исполнение **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 **A** и **C**. Условные обозначения материалов и покрытий для шайб даны в ГОСТ 18123-82. Марки материалов для шайб и их условные обозначения приведены в табл. 22. Виды покрытий и их условные обозначения выбирают из табл. 23.

Шайбы нормальные (ГОСТ 11371-78)



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

Пример условного обозначения шайбы исполнения 1, для крепежного изделия с диаметром резьбы 12 мм, из стали марки 20, без покрытия:

Шайба 12.04 ГОСТ 11371-78.

То же исполнения 2:

Шайба 2.12.04 ГОСТ 11371-78.

2.6. Фитинги

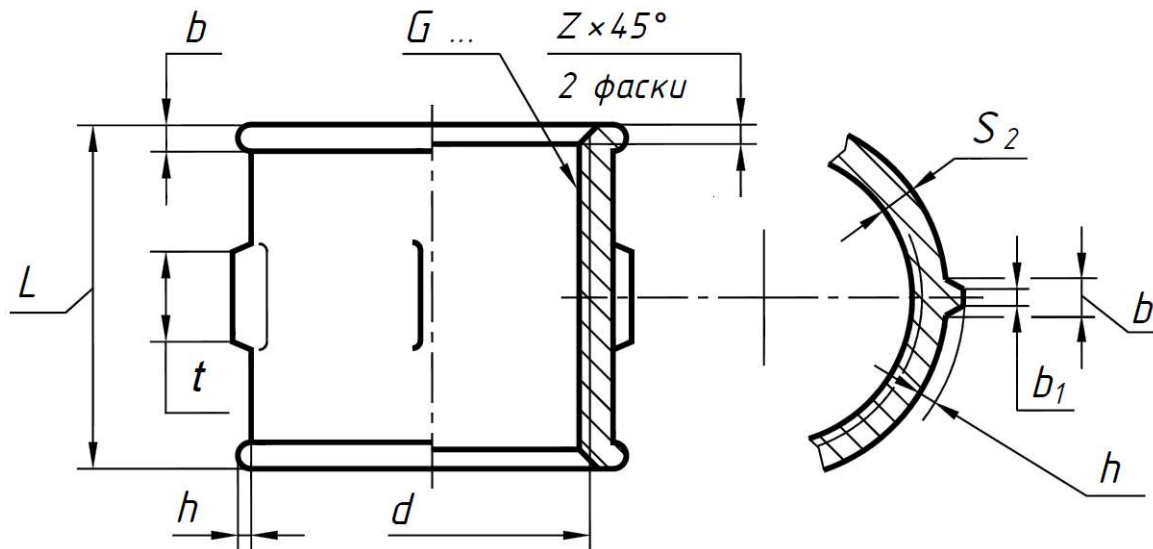
Фитинги: угольники, тройники, муфты прямые и переходные и т.п., – являются соединительными резьбовыми частями для водо- и газопроводных труб. Основным параметром для этих соединительных деталей является условный проход D_y , приблизительно равный внутреннему диаметру соединяемых труб.

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. Подробные сведения о фитингах приведены в работе [2].

Таблица 16

Муфта прямая длинная (ГОСТ 8955-75)



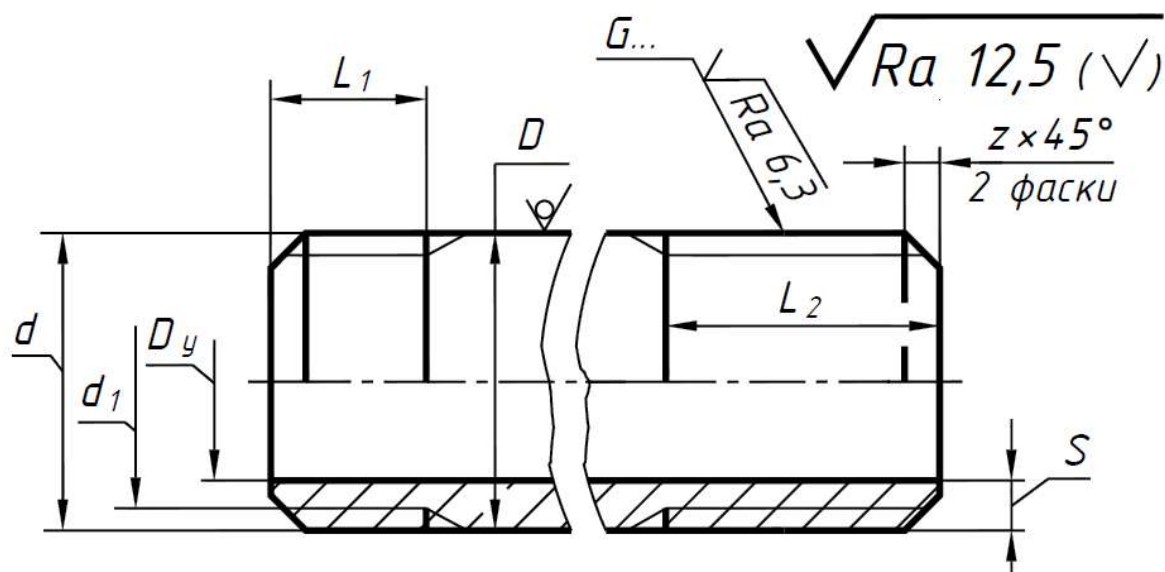
Условный проход D_y , мм	Резьба (ГОСТ 6357-81)			Конструктивные размеры (ГОСТ 8944-75), мм							
	Обозначение на чертеже	Наружный диаметр d , мм	Длина L , мм	Число ребер	S_2	b	h	t	b_1	b_2	Z
8	$G' \frac{1}{4}$	13,158	27	2	3,5	3,0	2,0	7	2,0	3,5	1,0
10	$G \frac{3}{8}$	16,663	30	2	3,5	3,0	2,0	8	2,0	3,5	1,0
15	$G \frac{1}{2}$	20,956	36	2	4,2	3,5	2,0	9	2,0	4,0	1,6
20	$G \frac{3}{4}$	26,442	39	4	4,4	4,0	2,5	10,5	2,0	4,0	1,6
25	$G 1$	33,250	45	4	5,2	4,0	2,5	11	2,5	4,5	1,6
32	$G 1 \frac{1}{4}$	41,912	50	4	5,4	4,0	3,0	13	2,5	5,0	1,6
40	$G 1 \frac{1}{2}$	47,805	55	4	5,8	4,0	3,0	15	3,0	5,0	1,6
50	$G 2$	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 водогазопроводные (ГОСТ 3262-75)



Условный проход D_y , мм	Резьба (ГОСТ 6357-81)					Конструктивные размеры, мм		
	Обозначение на чертеже	Наружный диаметр d , мм	Внутренний диаметр d_f , мм	Длина L_1 , мм	Длина L_2 , мм	Наружный диаметр D , мм	Толщина стенки S , мм	Фаска Z , мм
8	$G' / 4$	13,157	11,445	7	10	13,5	2,2	1,6
10	$G^3 / 8$	16,662	14,951	8	12	17,0	2,2	1,6
15	$G^1 / 2$	20,955	18,632	9	14	21,3	2,8	2,0
20	$G^3 / 4$	26,441	24,119	10,5	16	26,8	2,8	2,0
25	G^1	33,249	30,294	11	18	33,5	3,2	2,5
32	$G1^1 / 4$	41,912	38,954	13	20	42,3	3,2	2,5
40	$G1^1 / 4$	47,803	44,847	15	22	48,0	3,5	2,5
50	$G2$	59,614	56,656	17	24	60,0	3,5	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;

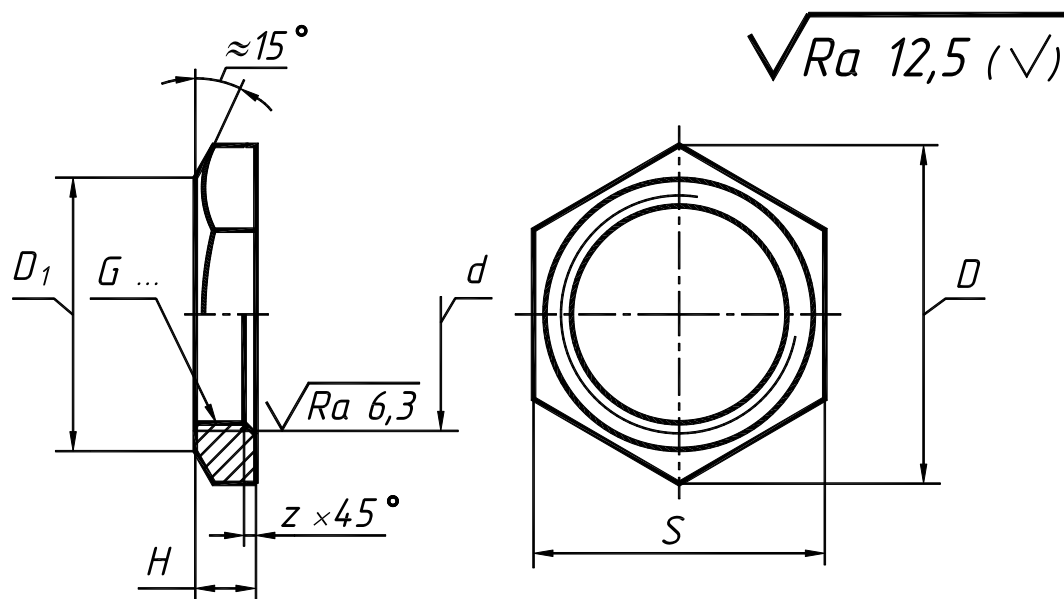
б) то же с цилиндрической резьбой

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.

Контргайки для трубопроводов (ГОСТ 8961-75)



Условный проход D_y , мм	Резьба (ГОСТ 6357-81)			Конструктивные размеры, мм				
	Обозначение на чертеже	Наружный диаметр резьбы d , мм	Внутренний диаметр резьбы, мм	H	S	D	D_1	Z
8	$G'/_4$	13,158	11,445	6	22	24,5	20	1,0
10	$G'/_8$	16,663	14,950	7	27	31,2	25	1,0
15	$G'/_2$	20,956	18,631	8	32	36,9	30	1,6
20	$G'/_4$	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	$G1'/_4$	41,912	38,954	11	55	63,5	52	1,6
40	$G1'/_2$	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, к гайкам в ГОСТ Р ИСО 898-2-2013. 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 (извлечение из ГОСТ Р 52627-2006)

Класс прочности	Марка стали	Номер стандарта
3.6	Ст3, Ст3кп	ГОСТ 380-2005
	10, 10кп	ГОСТ 10702-2016
4.6	20	ГОСТ 1050-2013
4.8	10, 10кп	ГОСТ 1050-2013
5.6	30, 35	ГОСТ 1050-2013
5.8	10*, 10кп *	ГОСТ 10702-2016
	20*, 20кп*	ГОСТ 1050-2013
6.6	35, 45, 40Г	ГОСТ 10702-2016 ГОСТ 4543-2016
6.8	20, 20кп	ГОСТ 5663-79
8.8	35Х, 35ХА, 40Г	ГОСТ 4543-2016
9.8	40Х**	ГОСТ 4543-2016
10.9	30ХГСА, 16ХСН	ГОСТ 4543-2016
12.9	35ХГСА	ГОСТ 4543-2016

Примечания: 1. * Применяется для крепежных изделий с диаметром резьбы до 12 мм включительно. 2. ** Применяется для крепежных изделий с диаметром резьбы до 16 мм.

Таблица 20

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

Условное обозначение группы	Марка материала или сплава	Номер стандарта
31	Амг5, Амг5П	ГОСТ 4784-97
32	ЛС59-1, Л63	ГОСТ 15527-2004
33	ЛС59-1, Л63 антимагнитные	ГОСТ 15527-2004
34	БрАМц 9-2	ГОСТ 18175-78
35	Д1, Д1П, Д16, Д16П	ГОСТ 4784-97

Таблица 21

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

Класс прочности	Марка стали	Номер стандарта
4	Ст3, СтЗкп	ГОСТ 380-2005
	20	ГОСТ 1050-2013
5	10, 10кп, 20	ГОСТ 1050-2013
6	Ст5	ГОСТ 380-2005
	15, 15кп	ГОСТ 1050-2013
8; 9	35, 40, 45,	ГОСТ 1050-2013
10	35Х, 35ХА, 40Г	ГОСТ 4543-2016
12	40Х, 30ХГСА, 16ХСН	ГОСТ 4543-2016
14	35ХГСА, 40ХНМА	ГОСТ 4543-2016

Покрyтия

Для повышения коррозионной стойкости поверхности изделий, улучшения механических свойств, а также для придания изделию красивого вида, применяют покрытия.

Толщины металлических покрытий (цинк, никель и другие металлы и их сплавы) выбирают 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.

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.

Таблица 22

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

Виды покрытий	Условное обозначение покрытий	
	буквенное ГОСТ 9.306-85	цифровое ГОСТ Р 52627-2006
Цинковое хромированное	Ц. хр	01
Кадмиевое хромированное	КД. хр	02
Многослойное: медь–никель	М. Н	03
Многослойное: медь–никель–хром	М. Н. Х. б	04
Оксидное с пропиткой маслом	Хим. Окс. прм	05
Фосфатное с пропиткой маслом	Хим. Фос. прм	06
Оловянное	0	07
Медное	М	08
Цинковое	Ц	09
Оксидное, наполненное хроматами	Ан. Окс. нхр	10
Оксидное из кислых растворов	Хим. Пас	11
Серебряное	Ср	12
Никелевое	Н	13

2.8. Условные обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек

Болты, винты, шпильки и гайки из углеродистых и легированных сталей и изделия из цветных сплавов следует обозначить по следующей схеме: *Болт 2 М12×1,25 – 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 ставится знак умножения ($\times$);

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

5. Между позициями 5 и 6 ставится знак умножения.

6. У гаек параметр 6 отсутствует.

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

2.9. Условное обозначение шайб (по ГОСТ ISO 4759-3-2015)

Шайбы следует обозначать по следующей схеме:



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 **Ст Экп.**

Шайба 12.02.СтЭкп.019 ГОСТ 11371-78.

2. То же исполнения **2**:

Шайба 2.12.02.СтЭкп.019 ГОСТ 11371-78.

Примечание. Марки материалов для шайб и их условные обозначения выбирают по табл. 24, виды покрытий и их условные обозначения выбирают по табл. 23, а толщину покрытия по ГОСТ 9.303-84.

Таблица 23

**Марки материалов для шайб и их условные обозначения
(ГОСТ ISO 4759-3-2015)**

Материал			Условное обозначение марки (группы)
Вид	Марка	Номер стандарта	
Углеродистые стали	08, 08кп, 10, 10кп	ГОСТ 1050-2013	01
	Ст3, Ст3кп	ГОСТ 380-2005	02
	15	ГОСТ 1050-2013	03
	20		04
	35		05
	45		06
Легированные стали	40X	ГОСТ 4543-2016	11
Коррозионно- стойкие стали	12X18H10T	ГОСТ 5632-2014	21
	20X13		22
Латуни	Л63	ГОСТ 15527-2004	32
	ЛС59–1		
	Л63 антимагнитная		33
Бронза	БрАМц9-2	ГОСТ 18175-78	34
Медь	М3	ГОСТ 859-2014	38
Алюминиевые сплавы	АМг5	ГОСТ 4784-97	31
	Д1		35
	АД1		37

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 шпилечное соединения, соединения при помощи винтов, фитингов и др., рис. 33).

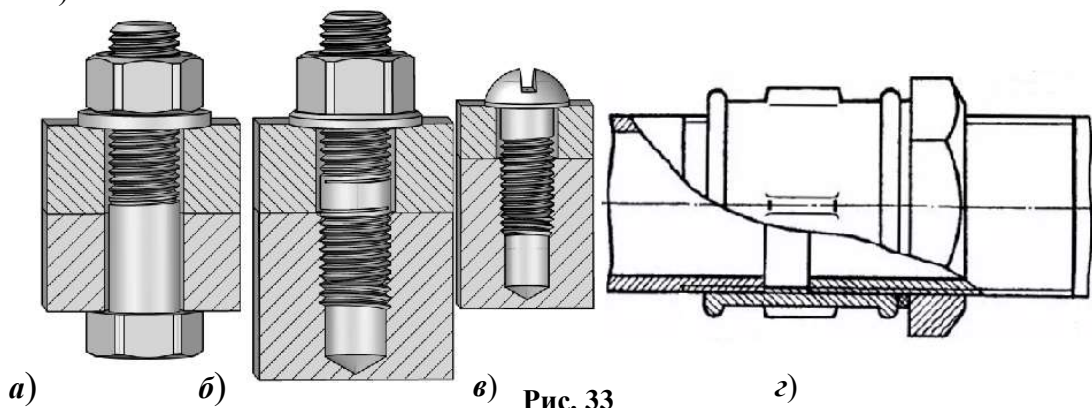


Рис. 33

б) **подвижные**, которые допускают относительное перемещение деталей, в каком либо одном направлении (шпоночные и шлицевые соединения рис. 34, а, б).

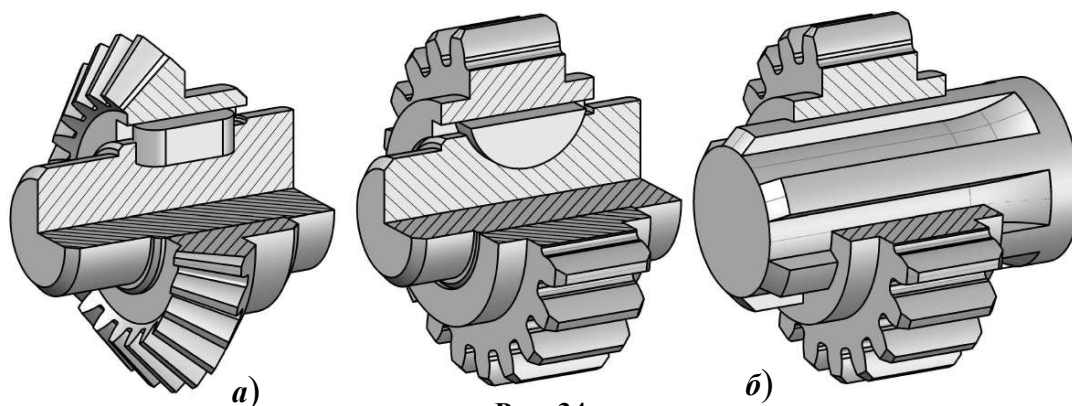


Рис. 34

Неразъемными называются соединения, которые могут быть разобраны только при нарушении целостности соединительных деталей или средств соединения: сварные (рис. 35), заклепочные (рис. 36), при помощи пайки, клеевые, с натягом и др.

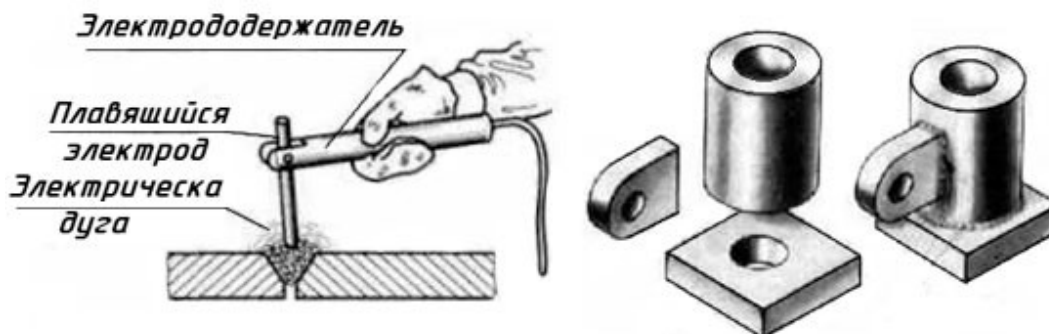


Рис. 35

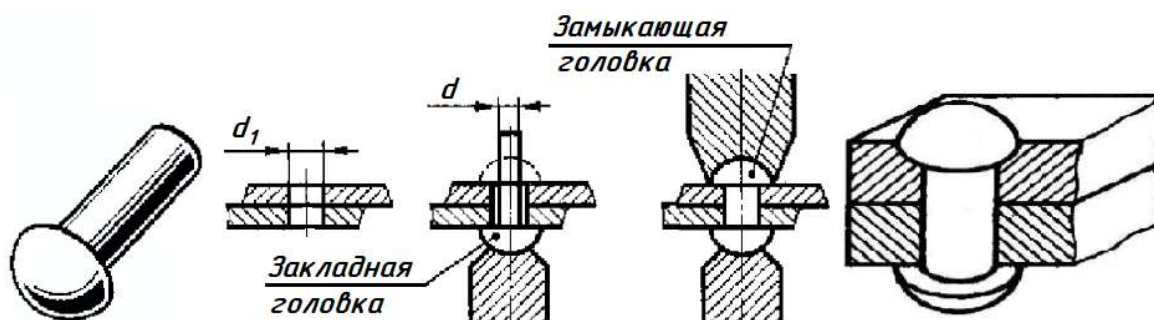


Рис. 36

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 соединением болтом (рис. 37).

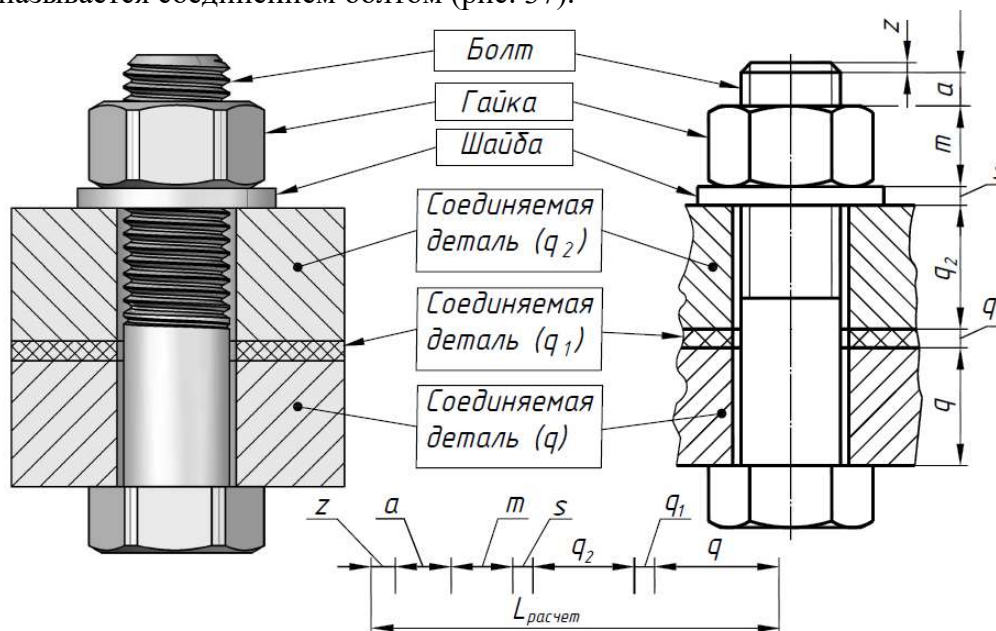


Рис. 37

Скрепляемые детали имеют гладкие, т.е. без резьбы, соосные, сквозные цилиндрические отверстия большего диаметра, чем диаметр болта, и выбираются из табл. 27.

На конец болта, выступающий из скрепленных деталей, одевается шайба и навинчивается гайка.

При вычерчивании болтового соединения конструктивные размеры болта, гайки и шайбы берут из соответствующих стандартов (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, (рис. 37) или аналитически.

Сборочная размерная цепь устанавливает размерные связи между элементами деталей данной сборочной единицы. На рис. 37 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

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

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 — размер фаски болта.

Величины q , q_1 и q_2 известны, s и m даны в соответствующих стандартах (табл. 15, 8), z и a выбираются по табл. 24 в зависимости от шага резьбы. Полученный размер округляется до ближайшего стандартного 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 осуществляемое при помощи шпильки, гайки и шайбы, называется соединением шпилькой (рис. 38).

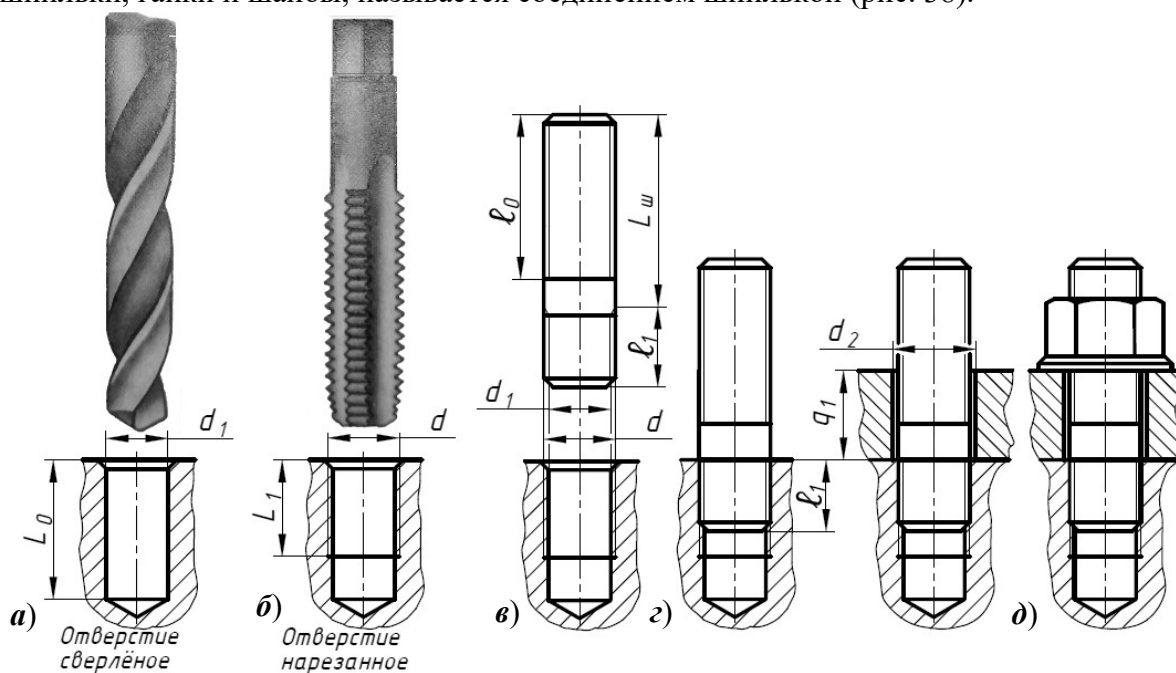


Рис. 38

Его используют вместо болтового, когда изготовлять сквозное отверстие в одной из соединяемых деталей нецелесообразно из-за значительной ее толщины или из-за отсутствия места для головки болта. Длину L_1 , посадочного конца шпильки выбирают в зависимости от материала детали, в которую её ввинчивают (табл. 6).

Сначала отверстие под шпильку высверливают (рис. 38, *а*), затем делают фаску, после чего нарезают резьбу (гнездо под шпильку рис. 38, *б*). Шпильку ввинчивают в гнездо до упора (рис. 38, *в*). На гаечный (стяжной) конец шпильки надевают деталь, имеющую гладкое соосное цилиндрическое отверстие большего диаметра d_2 (табл. 26), чем диаметр шпильки (рис. 38, *г*).

На конец шпильки, выступающий из скрепляемых деталей, надевают шайбу и навинчивают гайку (рис. 38, *д*).

При вычерчивании соединения шпилькой конструктивные размеры шпильки, гайки и шайбы берутся из соответствующих стандартов (см. табл. 7, 8, 15).

Длина гаечного конца шпильки

Для определения длины гаечного конца шпильки ($L_{\text{ш}}$) необходимо составить сборочную размерную цепь. На рис. 39 показана сборочная размерная цепь, выражающая размерные связи соединения шпилькой.

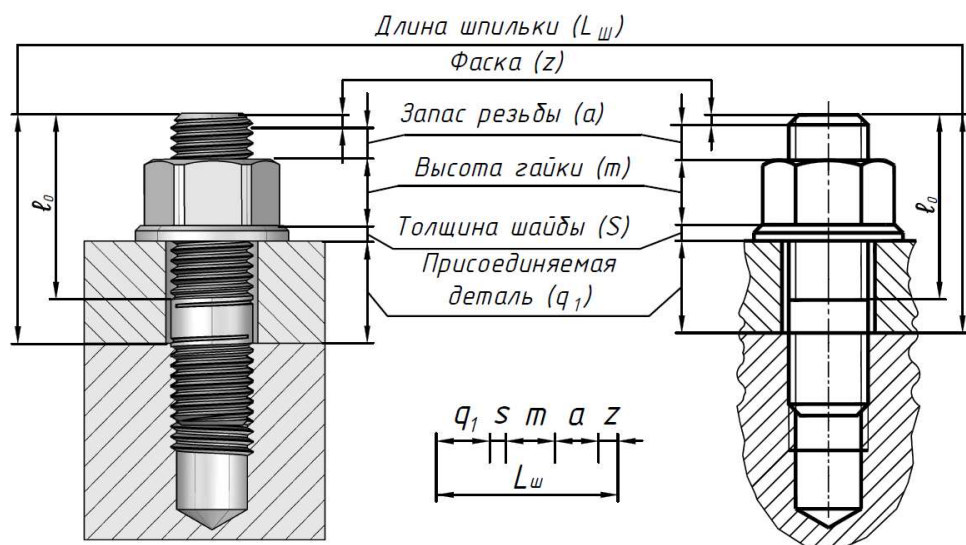


Рис. 39

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

$$L_{\text{ш}} = q_1 + s + m + a + z,$$

где q_1 – толщина присоединяемой детали; s – толщина шайбы; m – высота гайки; a – запас резьбы при выходе шпильки из гайки; z – размер фаски шпильки.

Величина, q_1 известна, значения s и m приведены в соответствующих стандартах (табл. 11, 18), z и a выбирают по табл. 24 в зависимости от шага резьбы. Полученный размер $L_{\text{ш}}$ округляют до ближайшего стандартного размера длины гаечного (стяжного) конца шпильки приведенного в табл. 7. По этой же таблице определяют длину ℓ_0 , нарезанной части шпильки под гайку.

Длина посадочного конца шпильки

Длина ℓ_1 ввинчиваемого (посадочного) конца зависит от материала детали, в которую она ввинчивается (см. табл. 6): 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).

Глубина сверленного под резьбу шпильки отверстия (см. рис. 38, а)

По табл. 24 определим запас резьбы ℓ_5 и недорез ℓ_4 , которые зависят от шага резьбы. Глубина сверленного под резьбу отверстия (рис. 40): $L_0 = \ell_1 + \ell_5 + \ell_4$.

Диаметр d_p отверстия под резьбу выбираем из табл. 25.

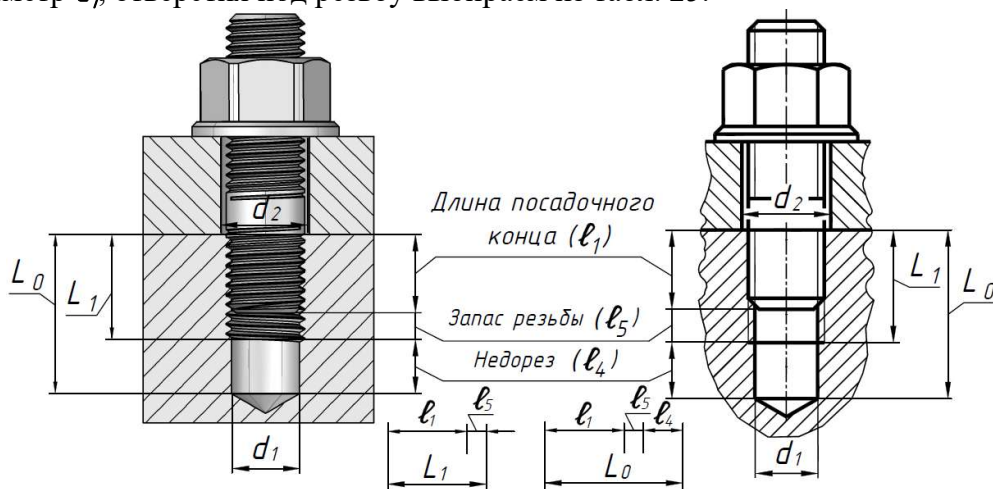
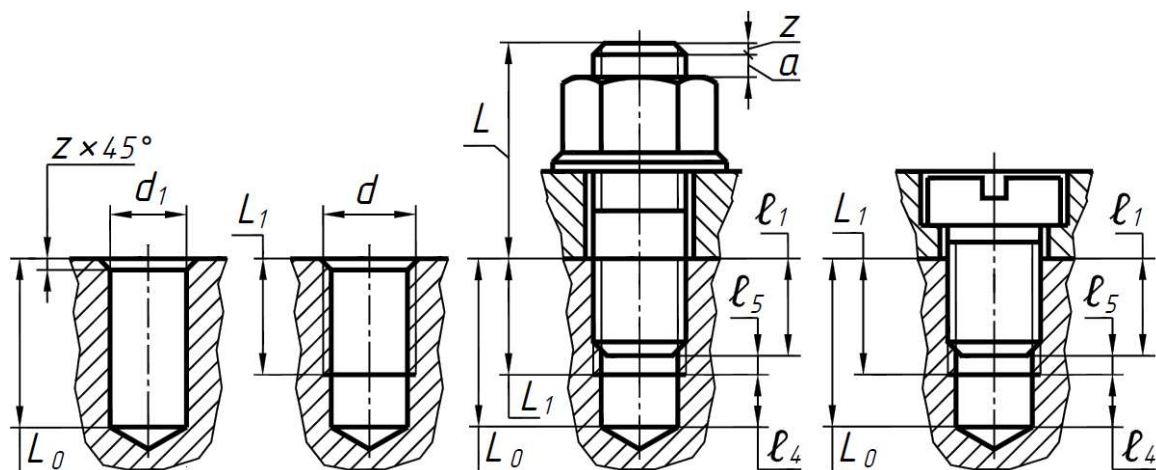


Рис. 40

Таблица 24

Выход и запасы резьбы, недорезы, фаски для метрических резьб (ГОСТ 10549-80),

мм



Шаг резьбы P	Запас резьбы ℓ_5	Недорез ℓ_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
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
2,5	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

**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	0,50	2,46	2,50
4,0	0,70	3,24	3,29
5,0	0,80	4,13	4,18
6,0	1,00	4,95	5,00
8,0	1,25	6,70	6,75
10,0	1,50	8,43	8,50
12,0	1,75	10,20	10,25
14,0	2,00	11,90	11,95
16,0	2,00	13,90	13,95
18,0	2,50	15,35	15,40
20,0	2,50	17,35	17,40
22,0	2,50	19,35	19,40
24,0	3,00	20,85	20,90
27,0	3,00	23,85	23,90
30,0	3,50	26,30	26,35
33,0	3,50	29,30	29,35
36,0	4,00	31,80	31,85
39,0	4,00	34,80	34,85

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. 41). В первой из скрепляемых деталей, делают коническую зенковку (углубление под головку) для винтов с полупотайной и потайной головками или цилиндрическую – для винтов с цилиндрической головкой (табл. 27).

Для подсчета длины винта необходимо составить сборочную размерную цепь (рис. 41). Полученный в результате подсчета размер округляют до ближайшего размера длины винта по таблице соответствующего стандарта (см. табл. 17). По этой же таблице определяют длину нарезанной части винта.

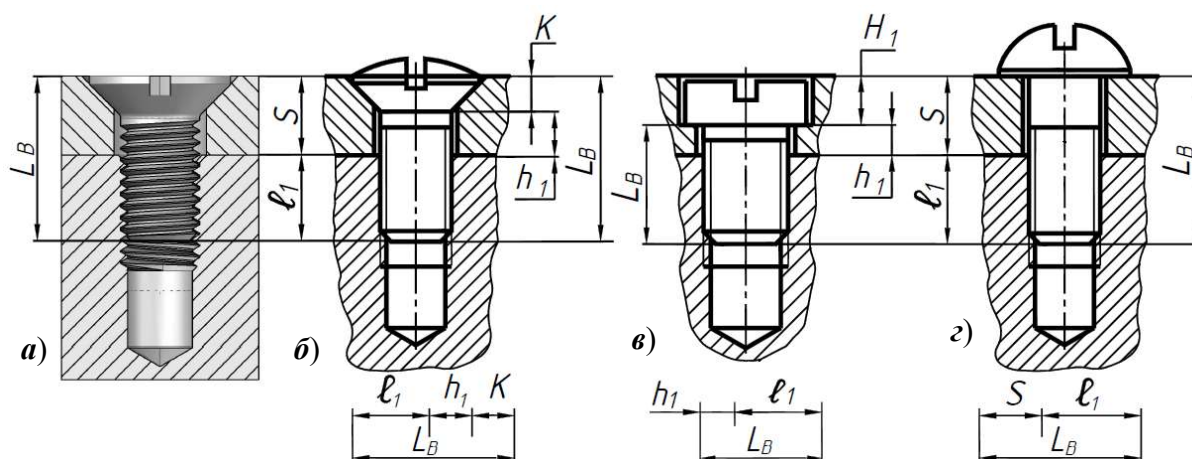


Рис. 41

Глубина l_1 ввинчивания винта зависит от материала детали и принимается равной d для стали, бронзы и латуни, $1,25d$ для ковкого и серого чугуна и $2d$ для легких сплавов (d – наружный диаметр резьбы винта).

Составляя размерную цепь, необходимо обратить внимание на то, что у винтов с потайной и полупотайной головками (рис. 41, а, б), потайная часть ее включается в длину винта.

При вычерчивании соединения деталей при помощи винтов конструктивные размеры винтов берутся из соответствующего стандарта (см. табл. 12 – 16). Шлицы головок винтов на сборочных чертежах, на видах сверху (или слева), изображаются под углом 45° к рамке чертежа в соответствии с ГОСТ 2.315-68.

Диаметры гладких отверстий в скрепляемых деталях для прохода винтов выбирают из табл. 27. Размеры зенковок под винты с полупотайной, потайной и цилиндрической головками даны в табл. 28. Для винтов с полукруглой головкой (рис. 41, г) зенковка не предусмотрена. Фаски, запасы резьбы, выходы конца болтов и шпилек из гайки приведены в табл. 25.

Глубина сверленного отверстия под резьбу винта

По табл. 24 определим запас резьбы l_5 и недорез l_4 , которые зависят от шага резьбы. Длина резьбы в отверстии:

$$L_1 = l_1 + l_5$$

Глубина сверленного под резьбу отверстия (рис. 42):

$$L_0 = l_1 + l_5 + l_4.$$

Диаметр d_1 , отверстия под резьбу выбираем из табл. 25.

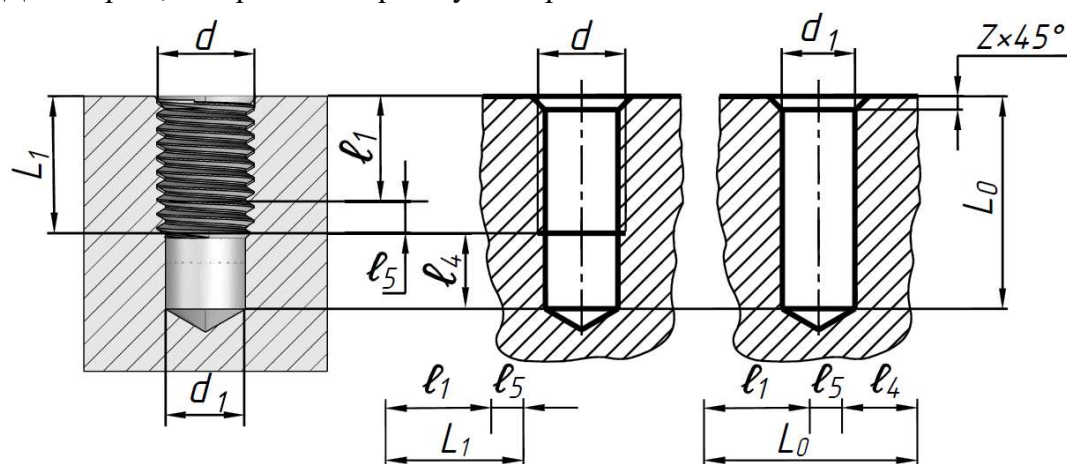


Рис. 42

Отверстия сквозные под крепежные детали (ГОСТ 11284-75)

Диаметры стержней крепежных деталей d , мм	Диаметры сквозных отверстий d_p , 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	30,0
30,0	31,0	33,0
33,0	34,0	36,0
36,0	37,0	39,0
39,0	40,0	42,0
42,0	43,0	45,0

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

Соединение труб

Соединение водогазопроводных труб производится при помощи соединительных резьбовых частей – **фитингов**: угольников, тройников, муфт и т.п. (рис. 43).

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.

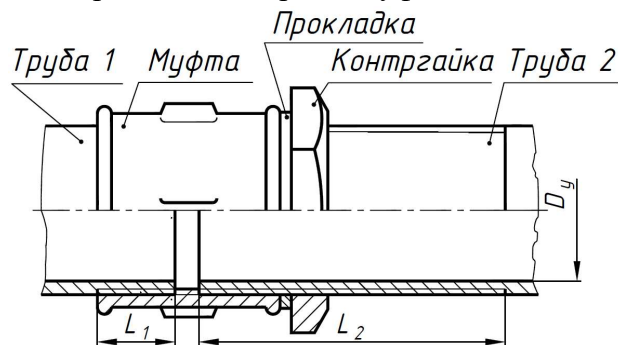


Рис. 43

На трубах и фитингах выполняют трубную цилиндрическую резьбу ГОСТ 6357-81. Размер фитинга определяется условным проходом D_y соединяемых труб. Условный проход входит в условное обозначение фитинга.

Соединения трубной резьбой

Рассмотрим резьбовое соединение стандартного патрубка с деталью типа «корпус». Для осуществления такого соединения деталь (корпус) должна иметь отверстие с такой же резьбой, как на патрубке (табл. 17). Диаметр отверстия в корпусе (рис. 44) выпол-

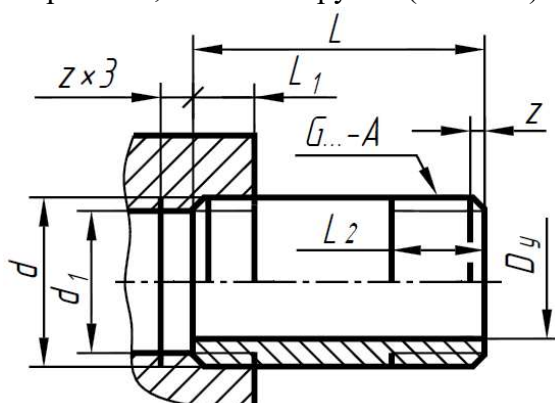
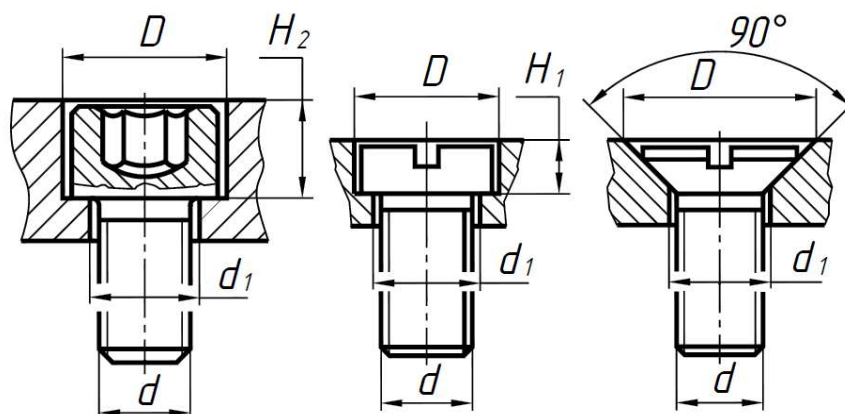


Рис. 44

ним равным внутреннему диаметру резьбы патрубка. Внутренний диаметр патрубка практически равен условному проходу D_y . Внутренний диаметр резьбы d , определим по табл. 18. Глубина резьбы отверстия под патрубком должна быть больше длины резьбы ввинчиваемого конца патрубка L , на 2...3 шага резьбы. Шаг резьбы (P) определяет величину фаски, поэтому при расчетах будем использовать значение фаски (z) по табл. 17.

Таблица 27

Зенкование под головки винтов (ГОСТ 12876-67)



Номиналь- ный диаметр резьбы d , мм	Винты с цилиндрической головкой				Винты с потайной и полупотайной головкой
	Диаметр зенковки D , мм		H_1 , мм	H_2 , мм	D , мм
	1-й ряд*	2-й ряд**			
5	10	3,5	—	10,3	
6	11	12	4,7	6,8	13,0
8	14	15	6,0	9,0	17,5
10	17	18	7,0	11,0	22,0
12	19	20	8,0	13,0	24,0
14	22	24	9,0	15,0	28,0
16	26	28	10,0	17,0	31,0
18	28	30	11,0	19,0	35,0
20	32	34	12,0	21,0	39,0

Примечания: 1. *Применяют при сквозных отверстиях по 1-му ряду ГОСТ 11284-75 (точная сборка). 2. **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. 45) 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.

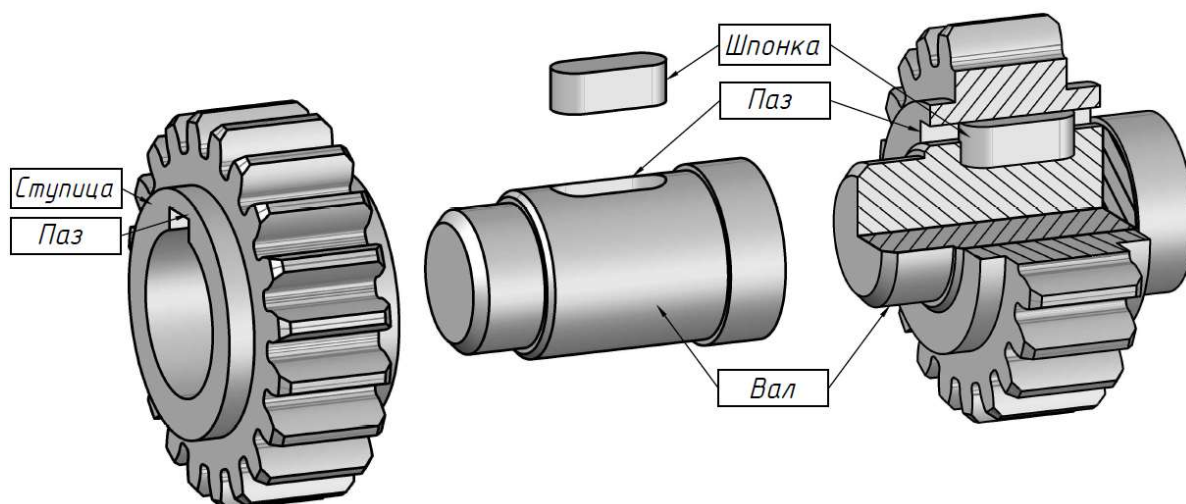


Рис. 45

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. 46).

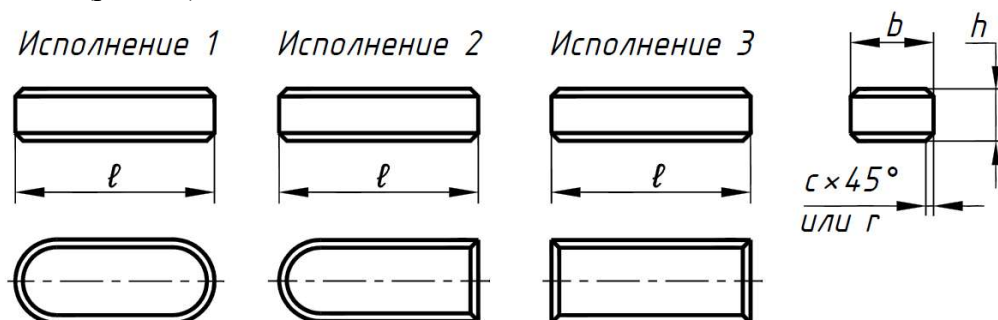


Рис. 46

Сегментные шпонки допускается изготавливать в двух исполнениях (рис. 47).

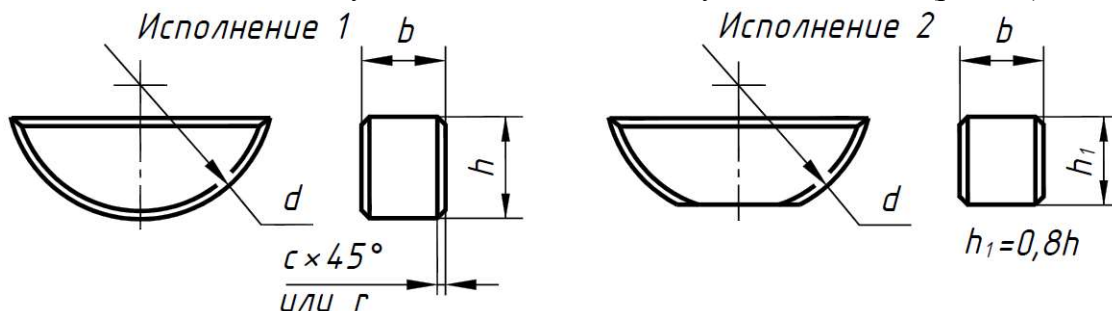


Рис. 47

Размеры шпонок и пазов для них стандартизованы и зависят от диаметра вала в месте запрессовки зубчатого колеса или другой какой-либо детали. 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).

На рис. 48 приведены параметры соединения призматической шпонкой: D – диаметр вала, b – ширина шпонки, h – высота шпонки, t_1 – глубина паза в валу, t_2 – глубина паза во втулке, ℓ – длина шпонки, c_1 или r_1 – фаски или радиусы скруглений пазов.

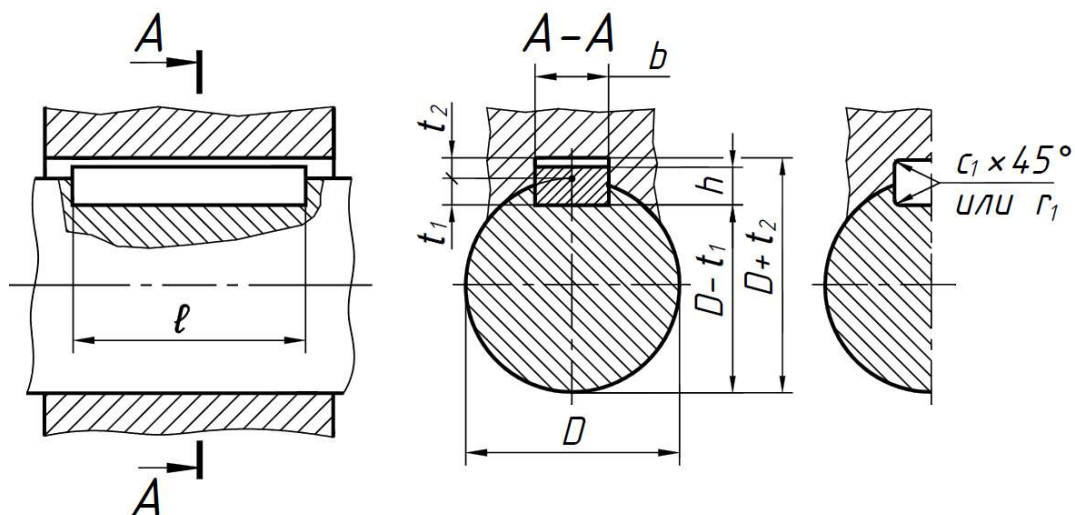


Рис. 48

Таблица 28

Размеры шпоночных пазов для призматических шпонок (ГОСТ 23360-80), мм

Диаметр вала D	Ширина паза b	вал t_1	втулка t_2	c или r
Св.10 до 12	4	2,5	1,8	0,08...0,16
Св.12 до 17	5	3,0	2,3	0,16...0,25
Св.17 до 22	6	3,5	2,8	
Св. 22 до 30	8	4,0	3,3	
Св.30 до 38	10	5,0	3,3	0,25...0,4
Св. 38 до 44	12	5,0	3,3	
Св. 44 до 50	14	5,5	3,8	
Св. 50 до 58	16	6,0	4,3	

Длины шпонок (шпоночных пазов) должны выбираться из ряда: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63 (на 6...15 мм короче длины участка вала, на котором выфрезерован паз).

Примеры условного обозначения:

1) призматическая шпонка исполнения 1 для вала диаметром $d=25$ мм, с размерами $b=8$ мм, $h=7$ мм, $\ell=22$ мм:

Шпонка 8×7×22 ГОСТ 23360-78;

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

На рис. 49 приведены параметры соединения 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.

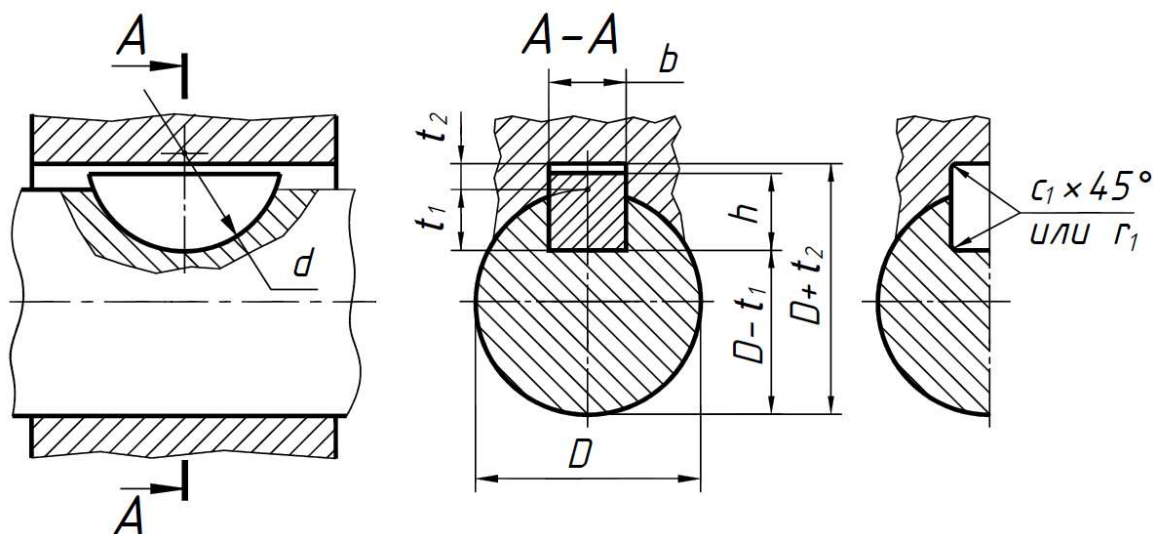


Рис. 49

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.

Следует обратить внимание на то, что в таблице параметр « d » – это не радиус, а диаметр шпонки.

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. 50. На чертеже детали с цилиндрическим отверстием и шпоночным пазом задают размер $D+t_2$ (рис. 51, 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.

Следует обратить внимание на различие простановки глубины паза па валу (t_1) в тех случаях, когда шпоночный паз выходит на торец вала и когда этого не происходит.

При вычерчивании паза на валу под сегментную шпонку ориентируемся на её диаметр (d) по табл. 29.

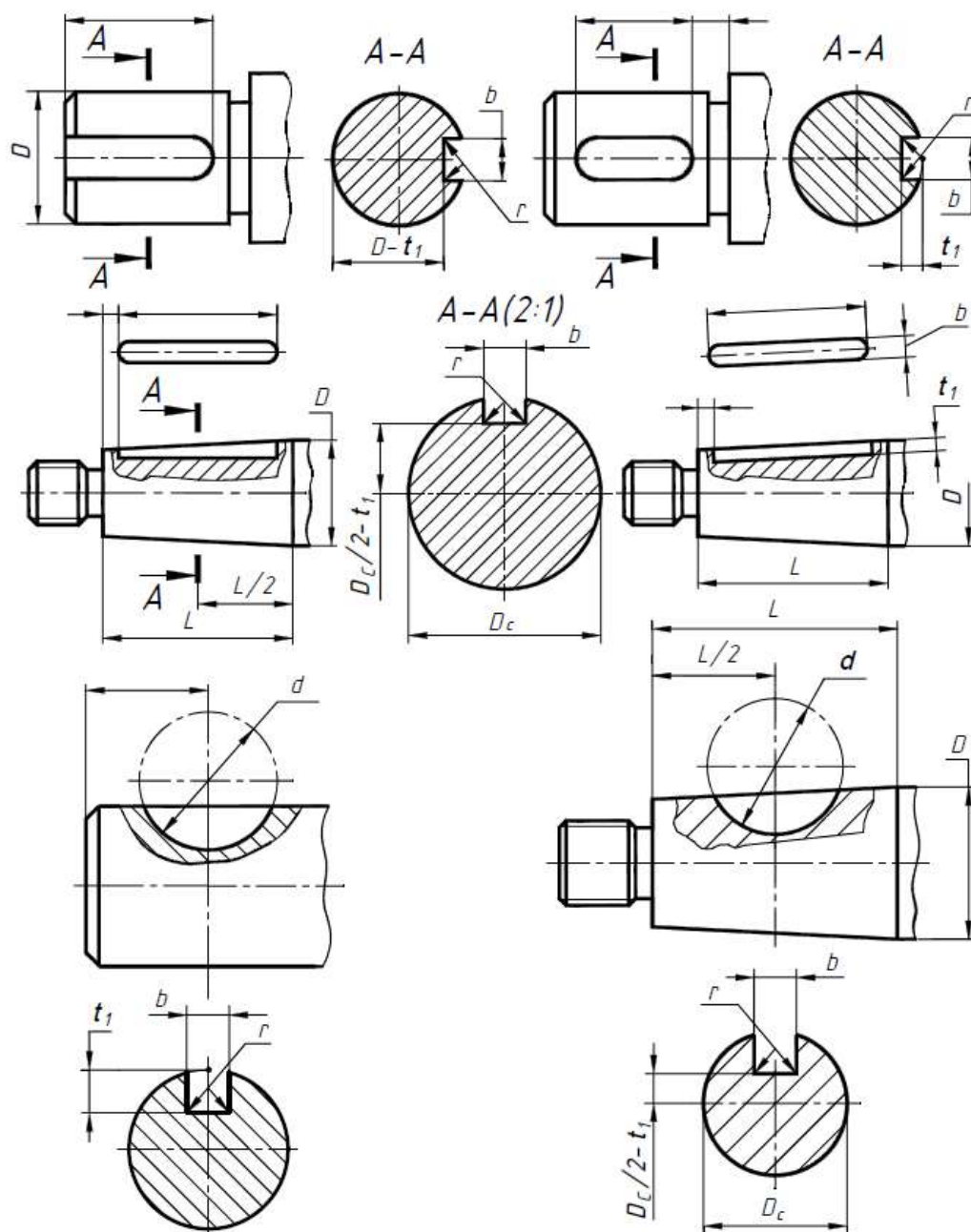
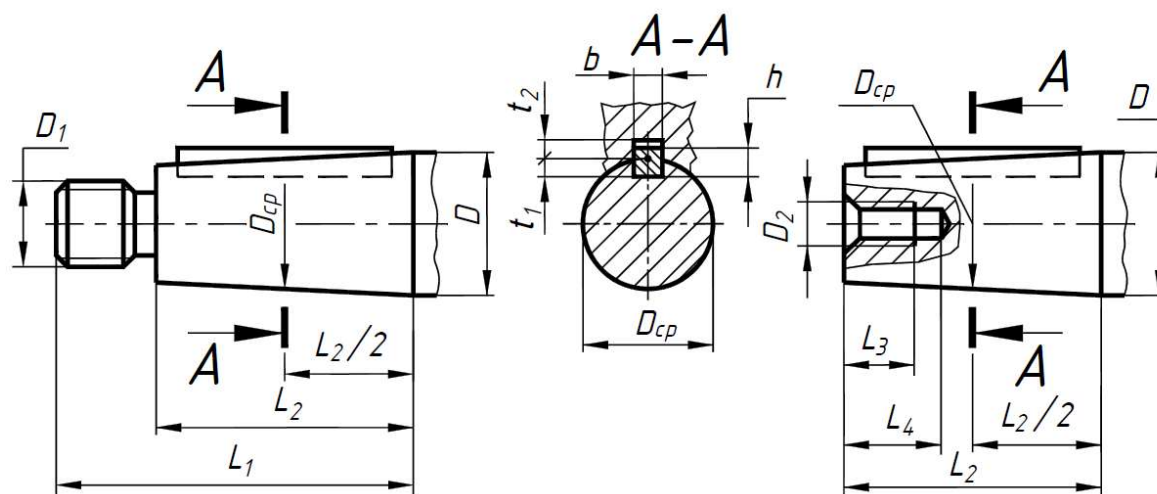


Рис. 50

На чертеже детали с коническим отверстием задают размер $D+t'_2$ (рис. 51, б), который вычисляют по формуле $D+t'_2 = D_{cp} + t_2 - 0,02l$, где размер t_2 принимают для диаметра D_{cp} по табл. 29.

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 18	40	28	14,6 16,6	3 4	3 4	1,8 2,5	1,4 1,8	M10×1,2 5	M4 M5	7,0 8,0	8,5 9,3
20 22 24	50	36	18,2 20,2 22,2	4 4 5	4 4 5	2,5 2,5 3,0	1,8 1,8 2,3	M12×1,2 5	M6	9,0	11,3
25 28	60	42	22,9 25,9	5	5	3,0	2,3	M16×1,5	M8	14,0	15,7
30 32 35 36 38	80	58	27,1 29,1 32,1 33,1 35,1	5 6 6 6 6	5 6 6 6 6	3,0 3,5 3,5 3,5 3,5	2,3 2,8 2,8 2,8 2,8	M20×1,5 M20×1,5 M20×1,5 M20×1,5 M24×2,0	M10 M10 M12 M12 M12	17,0 17,0 20,0 20,0 20,0	19,0 19,0 22,3 22,3 22,3
40 45	110	82	35,9 40,9	10 12	8 8	5,0 5,0	3,3 3,3	M24×2 M30×2	M12 M16	20,0 26,0	22,3 28,5
50 56	110	82	45,9 51,9	12 14	8 9	5,0 5,5	3,3 3,8	M36×3 M36×3	M16 M20	26,0 32,0	28,5 35,0
63 71	140	105	57,75 65,75	16 18	10 11	6,0 7,0	4,3 4,4	M42×3 M48×3	M20 M24	32,0 36,0	35,0 39,3
80 90	170	130	73,5 83,5	20 22	12 14	7,5 9,0	4,9 5,4	M56×4 M64×4	M30	44,0	47,9

3.1.3. Зубчатые (шлицевые) соединения

Соединения зубчатые (шлицевые) образуются выступами (зубьями) на валу и соответствующими пазами в ступице, насаженной на него детали (рис. 34, б). По форме профиля выступов различают прямобоочные, эвольвентные и треугольные зубчатые соединения. Сведения о соединениях с эвольвентными шлицами (ГОСТ 6033-80) приведены в [2, с. 301]. Зубчатые соединения треугольного профиля не стандартизованы.

Прямобоочные зубчатые соединения стандартизованы (ГОСТ 1139-80). Параметрами соединения являются: число зубьев z , наружный диаметр зубьев D , внутренний диаметр зубьев d , ширина зуба b . ГОСТ 1139-80 предусматривает различные сочетания z , d и D , каждому из которых соответствует определённое значение b . Эти сочетания образуют три серии соединений: легкую, среднюю и тяжелую, (табл. 31). На рис. 53 приведены параметры зубчатого (шлицевого) прямобоочного соединения.

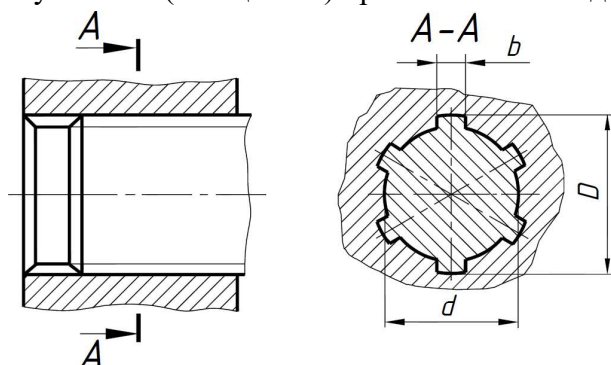


Рис. 53

Таблица 31

Соединение зубчатое (шлицевое) прямобоочное (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. 54).

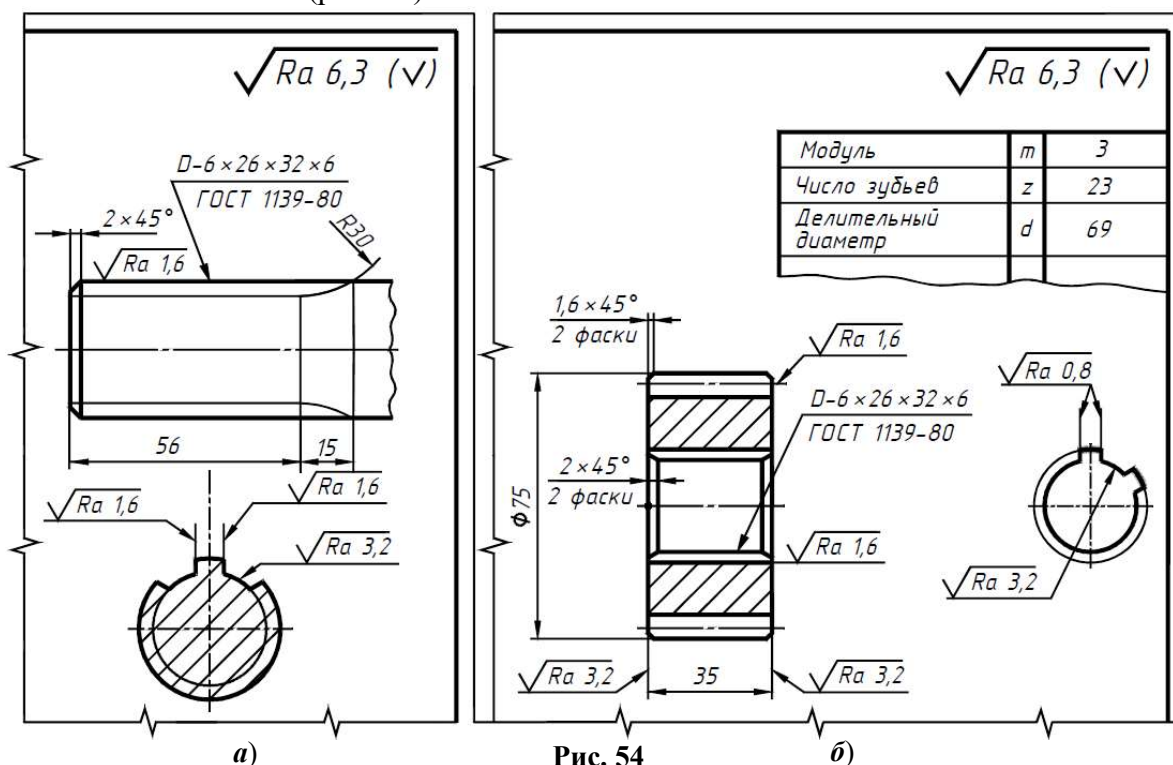


Рис. 54

Окружности и образующие поверхностей впадин зубчатого вала (рис. 54, 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 поверхности 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. 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 (рис. 55).

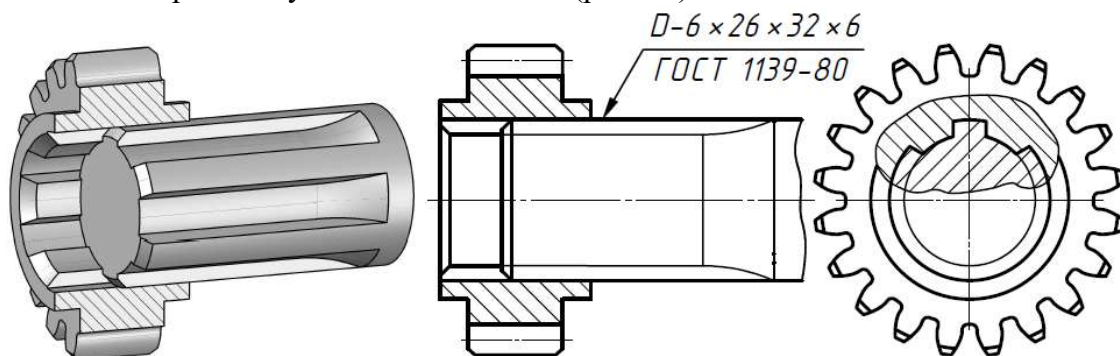


Рис. 55

В продольных осевых разрезах и сечениях валов зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и изображают не рассеченными, а на разрезах и сечениях втулок впадины условно совмещают с плоскостью чертежа (рис. 54, б).

Поверхности зубьев вала и втулки могут соприкасаться (центрироваться) по наружному диаметру D с образованием зазора по внутреннему диаметру (рис. 56, а), по внутреннему диаметру d с образованием зазора по наружному диаметру, (рис. 56, б) и боковым сторонам зубьев (рис. 56, в).

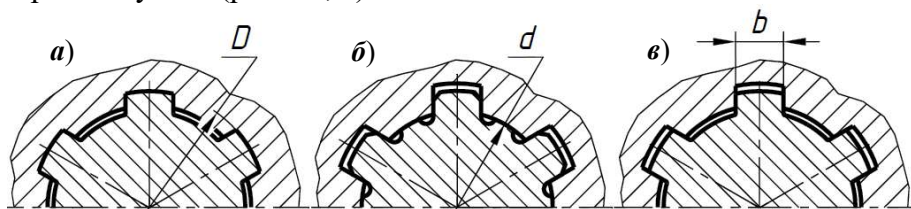


Рис. 56

В условном обозначении прямобочного зубчатого (шлицевого) соединения указывают: систему центрирования втулки относительно вала (d , D или b), число зубьев z , внутренний диаметр d , наружный диаметр D и ширину зуба b (рис. 54, 55).

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: $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$ ГОСТ 1139-80;
- б) при центрировании по наружному диаметру: $D-8 \times 36 \times 40 \times 7$ ГОСТ 1139-80;
- в) при центрировании по боковым сторонам: $b-8 \times 36 \times 40 \times 7$ ГОСТ 1139-80.

3.2. Неразъемные соединения

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

Соединения сварные (ГОСТ 2601-84). 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).

Сварные детали соединяются между собой по-разному (рис. 57). Соединения различаются: **стыковые** (рис. 58, а, б), **нахлесточные** (в, г), **угловые** (д, е), **тавровые** (ж, з). Их обозначают первыми буквами – *С*, *Н*, *У*, *Т* соответственно.

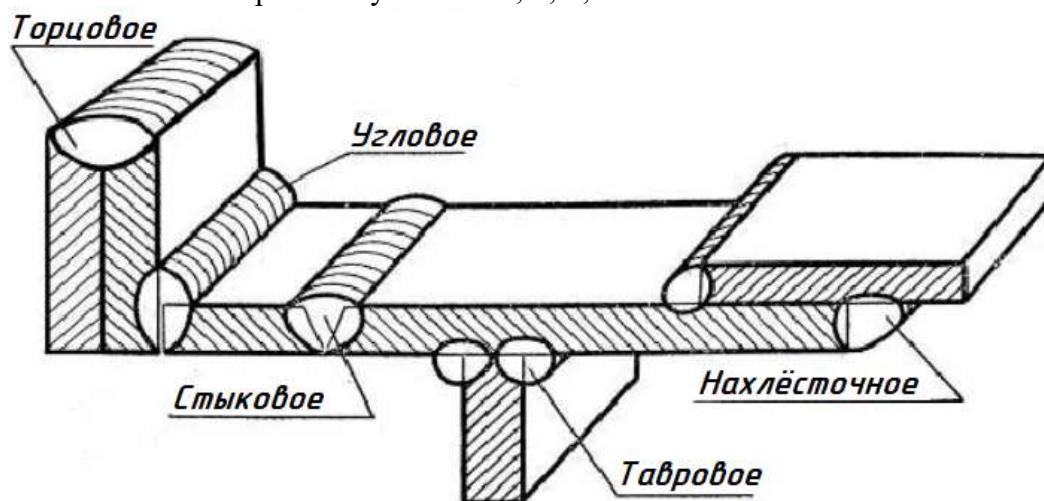


Рис. 57

Кромки свариваемых деталей могут быть подготовлены: с отбортовкой (*а*), без скосов (*в*, *г*, *д*, *ж*), со скосом одной кромки (*е*), со скосом обеих кромок (*б*), с двумя симметричными скосами одной кромки (*з*) и др. Шов может быть односторонним (*и*, *б*, *в*, *д*, *ж*) 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. 58: *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 – *Н1*; *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).

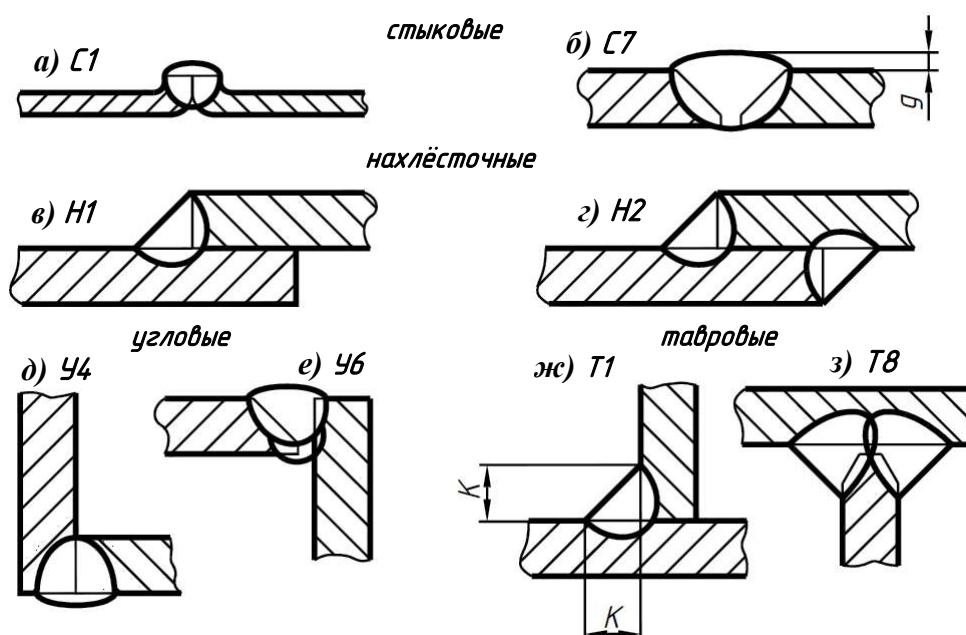


Рис. 58

В условном обозначении шва могут быть применены следующие знаки (рис. 59):

№1 – при выполнении шва по замкнутой линии; *№2* – при выполнении шва по незамкнутой линии;

№3 – если требуется усиление шва (рис. 58, *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. 58, *жс*) 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. 59

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. 60): 1 – место нанесения знаков №1 и №8; 2 – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

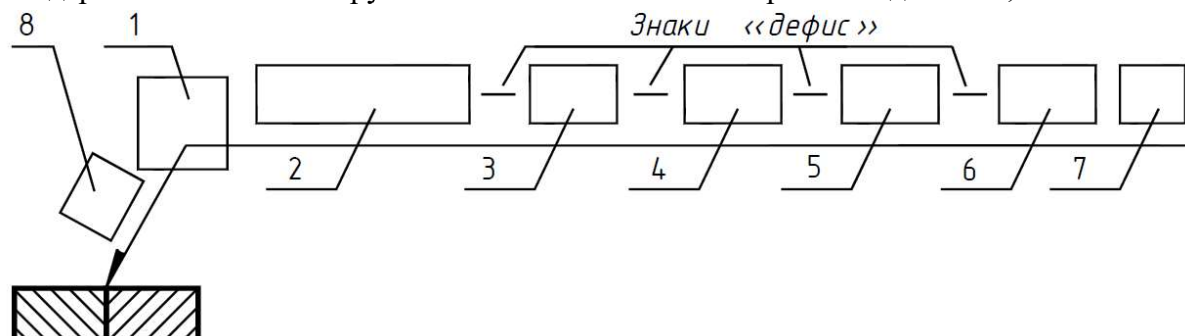


Рис. 60

3 – буквенно-цифровое обозначение шва; 4 – условное обозначение способа сварки; 5 – место нанесения знака №5 и размера катета шва; 6 – для прерывистого шва место нанесения размера длины провариваемого участка – знак №6 или №7 и размер шага; 7 – место знака снятия усиления шва или плавного перехода или знака №2 и параметр шероховатости обработанного шва; 8 – место указания номера и количества одинаковых швов.

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. 61). На рис. 61 слева изображена форма поперечного сечения швов, условное обозначение которых *T1* и *H1*.

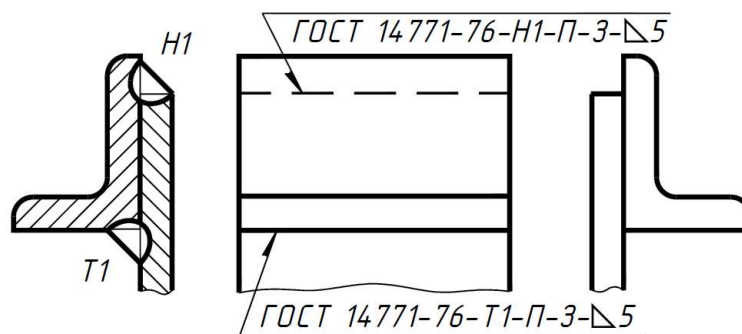


Рис. 61

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. 61). За лицевую сторону одностороннего шва принимают сторону, с которой производят сварку. Линию-выноску начинают односторонней стрелкой.

При наличии одинаковых швов обозначение наносят у одного изображения, а у остальных проводят линии-выноски с полками для указания номера шва (рис. 62) или без полков, если все швы одинаковы.

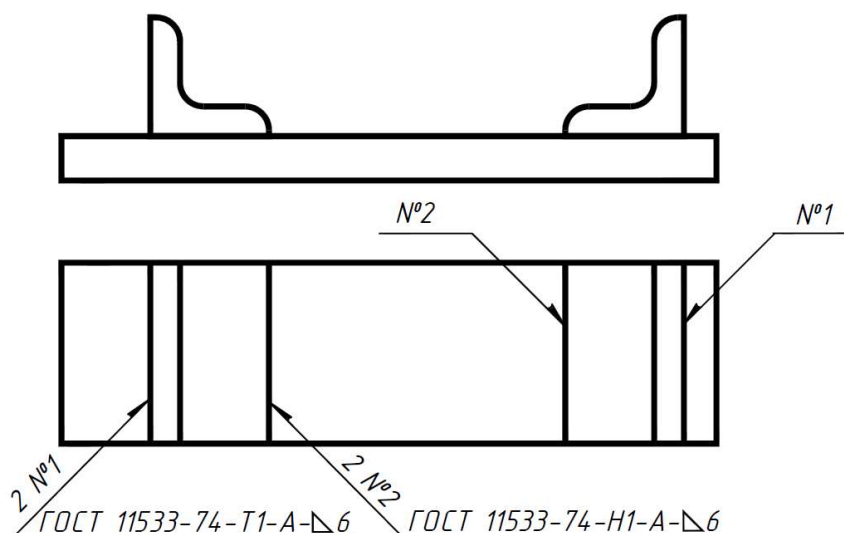


Рис. 62

При наличии на изображении оси симметрии допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изделия (рис. 63). На рис. 63 обозначены швы, выполненные по замкнутой линии (знак *N°1*). Диаметр знака – 3...5 мм.

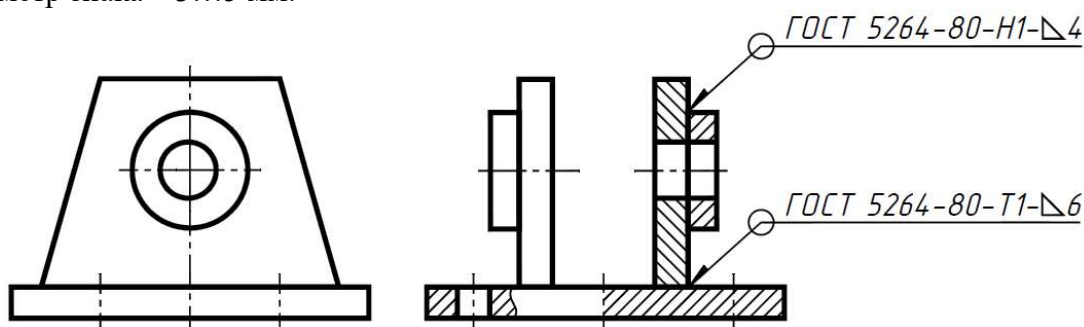


Рис. 63

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-T1- Δ 6 мм.*

Примеры обозначения швов

На рис. 61 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. 62 шов *N°1* – шов таврового соединения (*T1*), а шов *N°2* – нахлесточного (*H1*). Оба шва выполнены автоматической сварки под слоем флюса ГОСТ 11533-74, катет шва 6 мм.

На рис. 63 верхний шов выполнен ручной дуговой сваркой ГОСТ 5264-80 по замкнутому контуру. Нахлесточное соединение (*H1*), катет шва 4 мм. Нижний шов также выполнен ручной дуговой сваркой ГОСТ 5264-80 по замкнутому контуру, но соединение тавровое (*T1*), а катет шва 6 мм.

На рис. 64 приведён пример сборочного чертежа сварного изделия «гайка нажимная», состоящая из гайки с приваренными к ней двумя ручками. Сварной шов выполнен электродуговой полуавтоматической сваркой в защитном газе плавящимся электродом ГОСТ 14771-76. Соединения тавровые (*T1*). Величина катета обоих швов 3 мм.

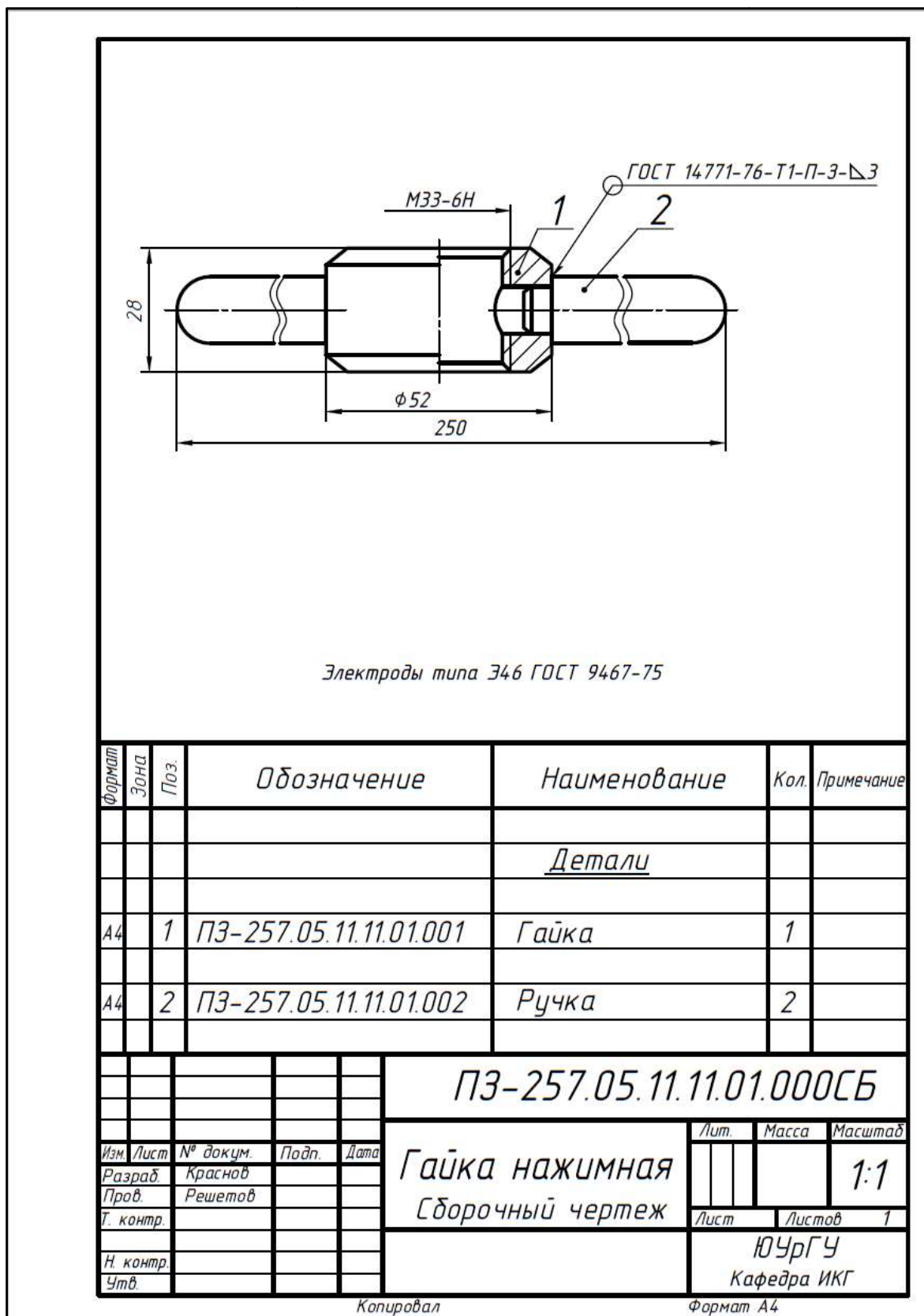


Рис. 64

Следует помнить, что сборочный чертёж сварного изделия должен сопровождаться чертежами деталей, входящих в изделие.

Соединения заклёпками. Применяют для деталей из несвариваемых, а также не допускающих нагрева материалов в различных областях техники – металлоконструкциях, самолётостроении и др.

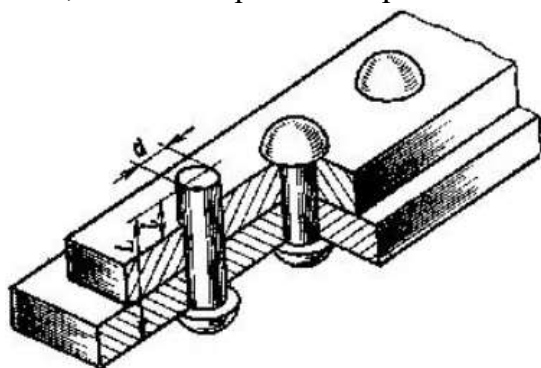


Рис. 65

Соединение деталей при помощи заклёпок показано на рис. 65. Заклёпка представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце. Заклёпку вводят в отверстие, просверленное в соединяемых деталях, и расклепывают ее конец специальным клепальным молотком. Наиболее широко применяются заклёпки с полукруглой головкой ГОСТ 10299-80 (см. рис. 65). Сведения о материалах, конструкции и обозначении заклёпок приведены в [5, с. 245].

Стандарт ГОСТ 2.313-82 устанавливает условное изображение и обозначение соединений, полученных клёпкой на чертежах всех отраслей промышленности. Заклёпки с полукруглой (рис. 65), плоской, скругленной головкой должны иметь условное обозначение в сечении – рис. 66, *а*; на виде – рис. 66, *б*.

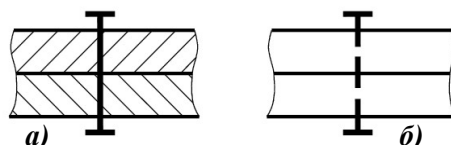


Рис. 66

При выполнении чертежей клёпаного соединения ГОСТ 2.313-82 допускает применять упрощения. Размещение заклёпок указывают на чертеже условным знаком «+». Все конструктивные элементы и размеры шва клёпаного соединения указывают на чертеже, как показано на рис. 67.

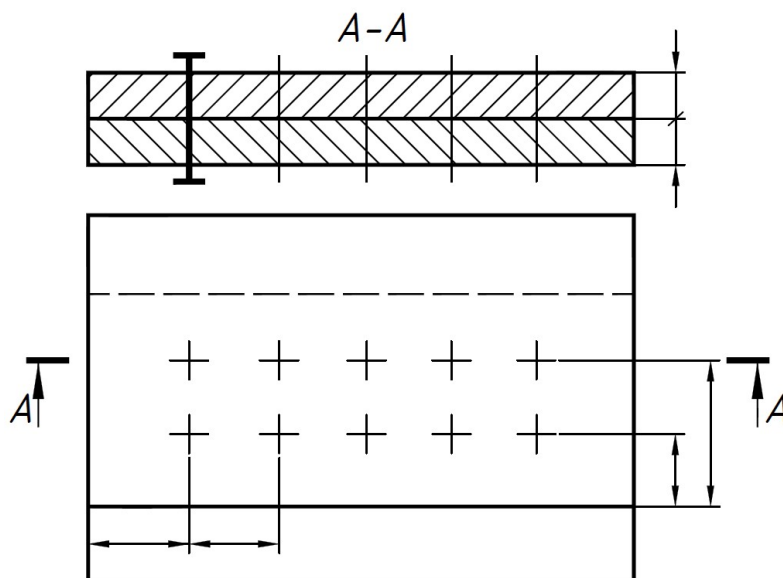


Рис. 67

В проекции на плоскость, перпендикулярную оси, заклёпки должны изображаться небольшими крестиками, нанесёнными тонкими линиями.

Если изделие, изображенное на сборочном чертеже, имеет многорядное клёпаное соединение, то одну или две заклёпки в сечении или на виде надо показывать условным символом, остальные – центровыми или осевыми линиями.

Пайка – процесс соединения материалов, находящихся в твердом состоянии, с помощью припоя, имеющего более низкую температуру плавления. Соединение деталей получается благодаря заполнению зазора между ними расплавленным припоем.

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 «**С**» (рис. 68, *а*) или склейки «**К**» (рис. 68, *б*), выполняемый основными толстыми 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 12172-2016.

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. 68, *в*).

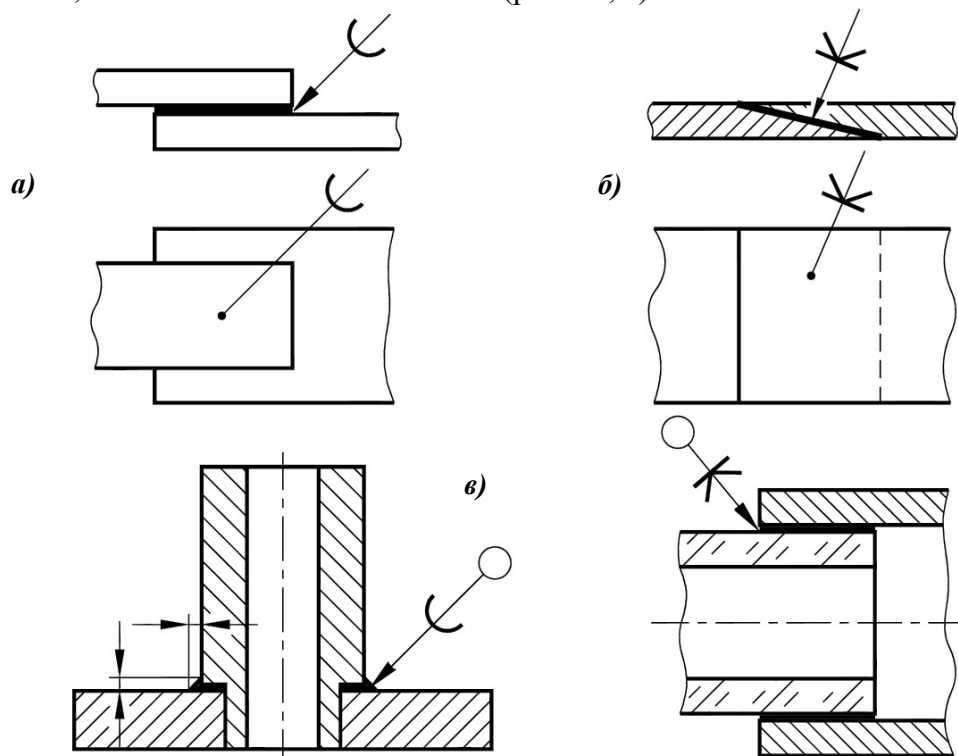


Рис. 68

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

На рис. 69. Представлены 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.

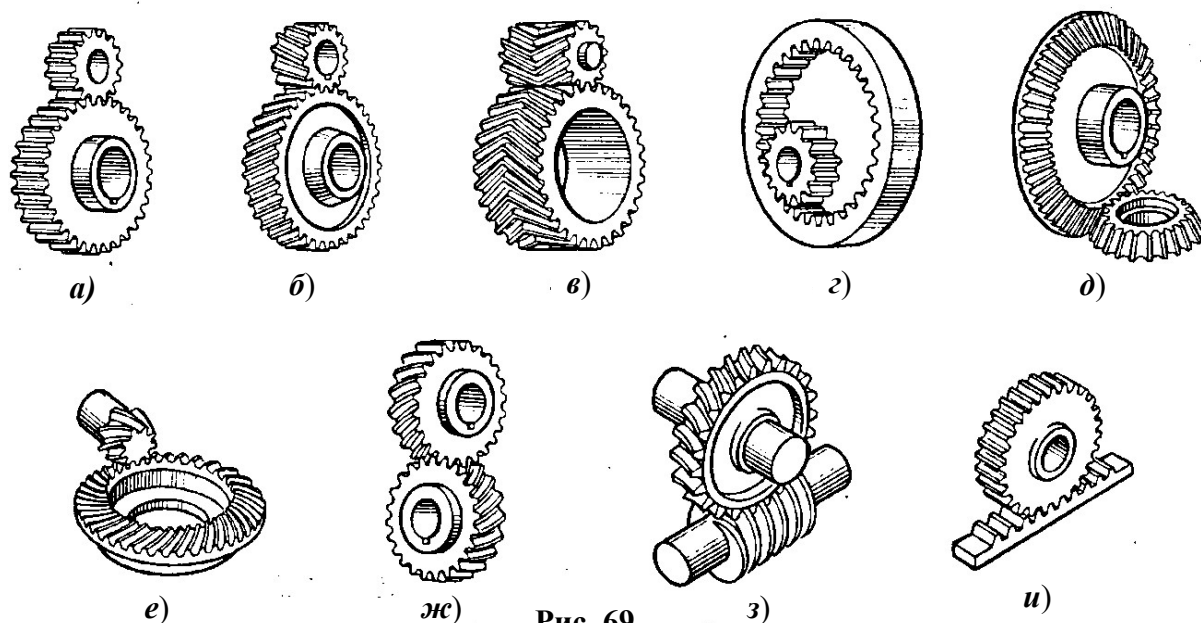


Рис. 69

Зубчатые передачи различают:

- 1) По взаимному расположению осей колес:
цилиндрические – оси параллельны (рис. 69, *а...г*), конические – оси пересекаются (рис. 69, *д, е*), червячные – оси скрещиваются (рис. 69, *з*).
- 2) По расположению зубьев относительно образующей колес:
прямозубые (рис. 69, *а*), косозубые (рис. 69, *б*) и шевронные (рис. 69, *в*).
- 3) По взаимному расположению колес: с внутренним (рис. 69, *г*) и наружным (рис. 69, *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. 70).

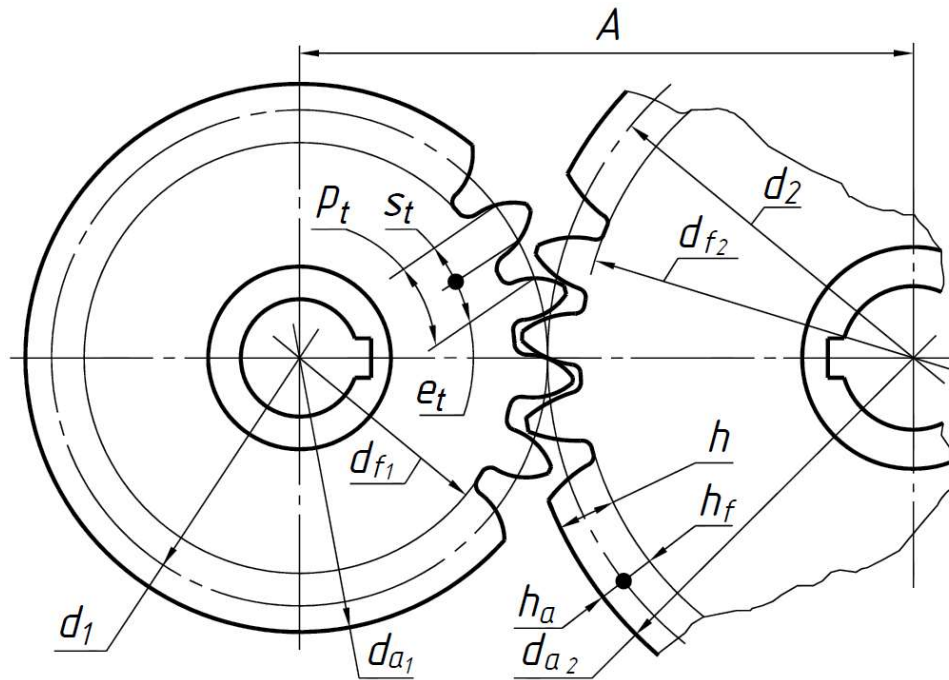


Рис. 70

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 π 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. 71 приведены конструктивные элементы цилиндрического штампованного 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

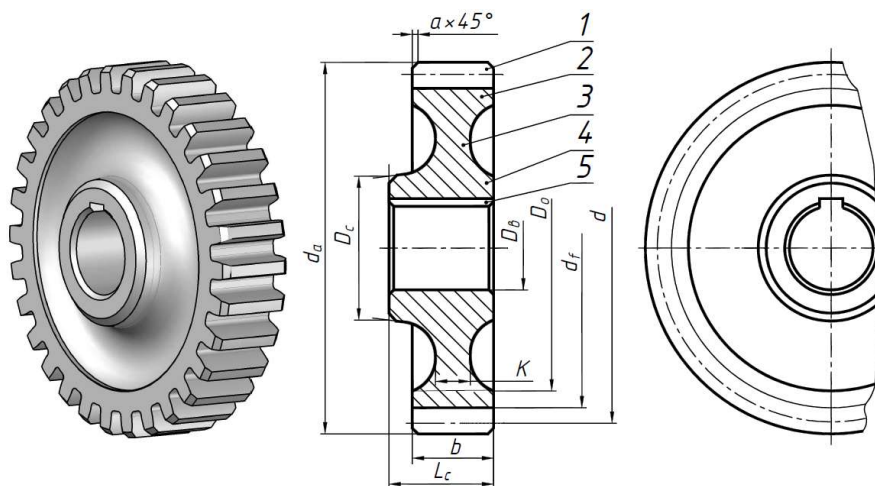


Рис. 71

Зубчатые шестерни и червяки обычно изготавливают за одно целое с валом, зубчатые и червячные колеса – только насадными. Шестерни с диаметром окружности впадин $d_f < 2,5D_o$ 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. 72, а) или с выступающей ступицей (рис. 72, 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. 72, 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. 72, в. При применении цементации колеса выполняют по рис. 72, г.

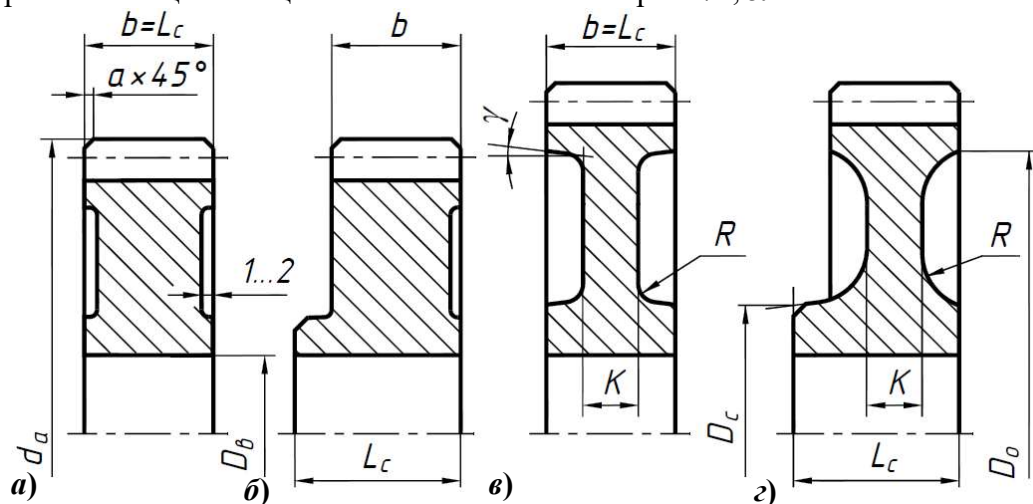


Рис. 72

1. Ширина зубчатого венца колеса $b_2 = (6...8)m$, шестерни $b_1 = b_2 + 5$ мм.
 2. Внутренний диаметр обода $D_o = d_a - 8,5m$.
 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 $L_c = (0,8...1,5)D_o$.
 5. Диаметр ступицы $D_c = 1,5D_o + 10$ мм.
- Если при расчете окажется, что D_c больше D_o , 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	$b_1=b_2+5\text{ мм}$	$b_2=(6...8)m$
Внутренний диаметр обода	$D_{01}=d_{a1}-8,5m$	$D_{02}=d_{a2}-8,5m$
Толщина диска	—	$K_2=0,3b_2$
Длина ступицы	$L_{c1}=(1,0...1,5)D_{B1}$	$L_{c2}=(1,0...1,5)D_{B2}$
Диаметр ступицы	$D_{c1}=(1,6...1,8)D_{B1}$	$D_{c2}=(1,6...1,8)D_{B2}$
Размер фасок на торцевых кромках зубьев	$\alpha=0,5m\times45^\circ$	
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.

П-105.04.06.02.000.СБ

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Табл.	Решетов		
Проб.	Решетов			
Т. контр.				
Н. контр.				
Черт.				

П-105.04.06.02.000.СБ

Передача зубчатая
цилиндрическая
Сборный чертёж

Лист	Масса	Масштаб
1		1:1
Лист	Листов	1
ЮУрГУ	Кафедра ИКТ	

78

[illegible]

79

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.

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. 75).

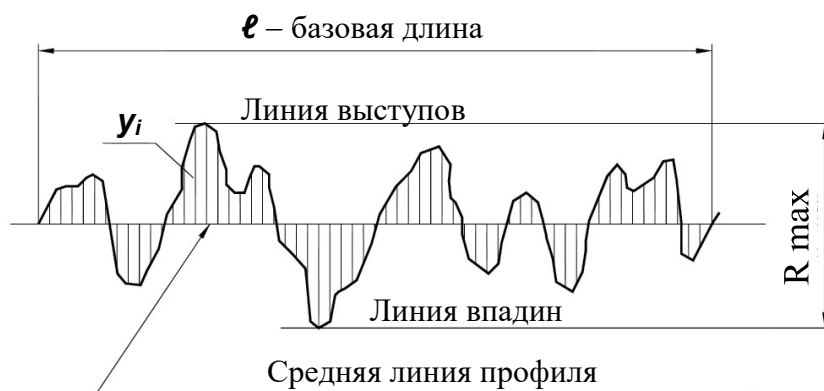


Рис. 75

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. 76 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. 76, а.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала: точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием и т.д., применяют знак по рис. 76, б.

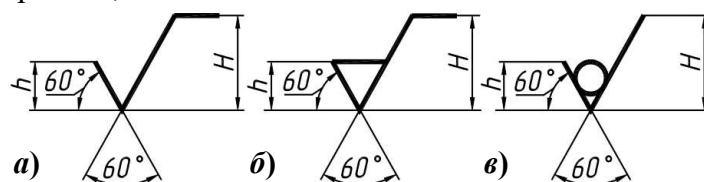


Рис. 76

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. 76, в.

5.1. 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 обозна-

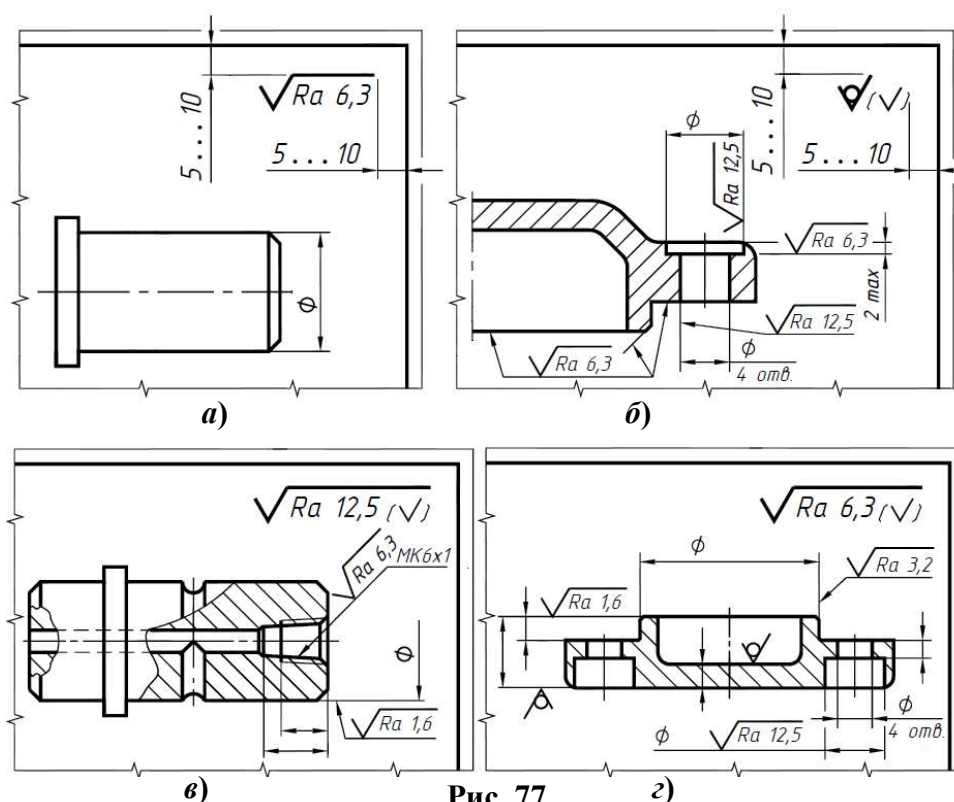


Рис. 77

чение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 77, а). Размеры и толщина линий знака в правом верхнем углу чертежа приблизительно в полтора раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении изделия.

4. Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей детали помещают в правом верхнем углу чертежа вместе с условным обозначением ($\sqrt{\quad}$). Это означает, что все поверхности, не имеющие на чертеже знаков шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением ($\sqrt{\quad}$) (рис. 77, в, г). Размеры знаков в скобках и на изображении – одинаковы; размер знака перед скобкой увеличивается в 1,5 раза, линия знака – сплошная толстая основная.

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. 77, б).

Если какая-либо поверхность детали не обрабатывается по чертежу, то обозначение ее шероховатости наносят и на ее изображении (знаки без полки рис. 77, з).

6. Пример обозначения шероховатости поверхностей шпоночных пазов в отверстиях и на валу, приведён на рис. 78, а.

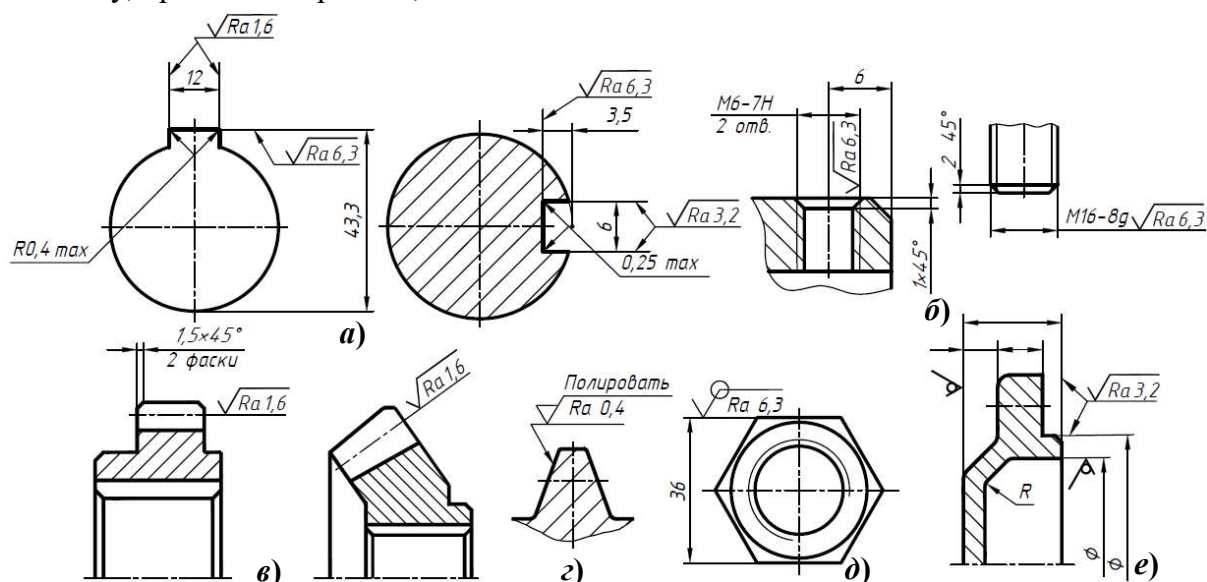


Рис. 78

7. Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы в отверстиях и на стержне, наносят условно на выносной линии для указания размера резьбы, на размерной линии или на её продолжении (рис. 78, б).

8. 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. 78, б).

9. Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колёс, если на чертеже не приведён их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис. 78, в). При изображении профиля зуба обозначение шероховатости указывают, как показано на рис. 78, г.

10. Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят со знаком $\bigcirc$, означающим слова «по контуру», в соответствии с рис. 78, д. Диаметр знака $\bigcirc$ – 4...5 мм.

11. В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак $\bigcirc$ не приводят (рис. 78, *е*).

Необходимую шероховатость поверхностей деталей задают с учётом их назначения и условий работы. 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.

В учебных условиях шероховатость поверхностей деталей задают ориентировочно. Примеры обозначения шероховатости поверхностей в зависимости от их конструктивного назначения приведены в табл. 34. Подробнее о нанесении шероховатости поверхностей на чертежах изложено в [10].

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	$\sqrt{Ra\ 0,2}$

Знаки шероховатости и размерные числа не должны пересекаться никакими линиями. Поэтому на месте их простановки выносные линии, оси симметрии и линии штриховки – прерывают.

Острие знака шероховатости (или полки линии-выноски, на которой он расположен) должно прикасаться к обрабатываемой поверхности (или линии, ее продолжающей) с той стороны, откуда возможен подвод режущего инструмента.

Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 79, а, б. Расположение знаков без полки приведено на рис. 79, в.

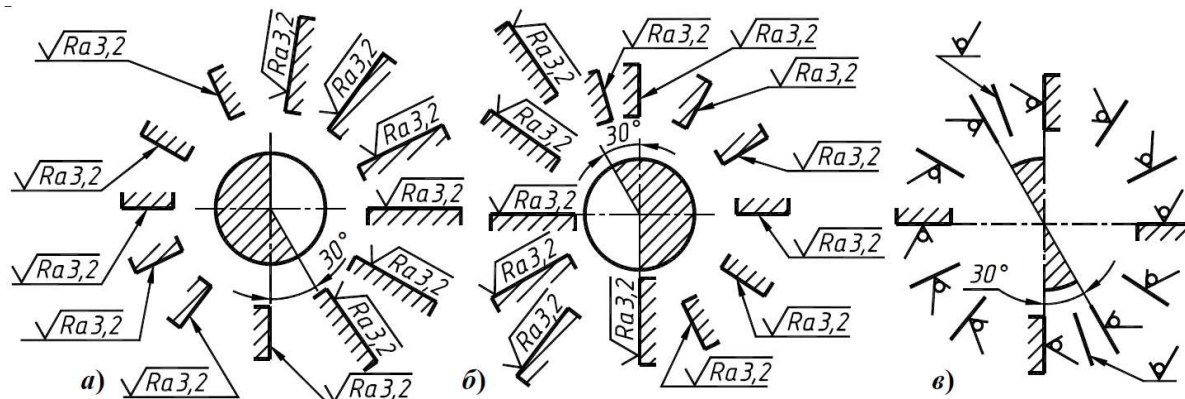


Рис. 79

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 А4 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 А4), сборочного чертежа «Соединения резьбовые» (формат А3) и спецификации по ГОСТ Р 2.106-2019 (формат А4).

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° . Переход от стержня к головке выполнен по радиусу. Головка имеет фаску под углом 30° .

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. 80).

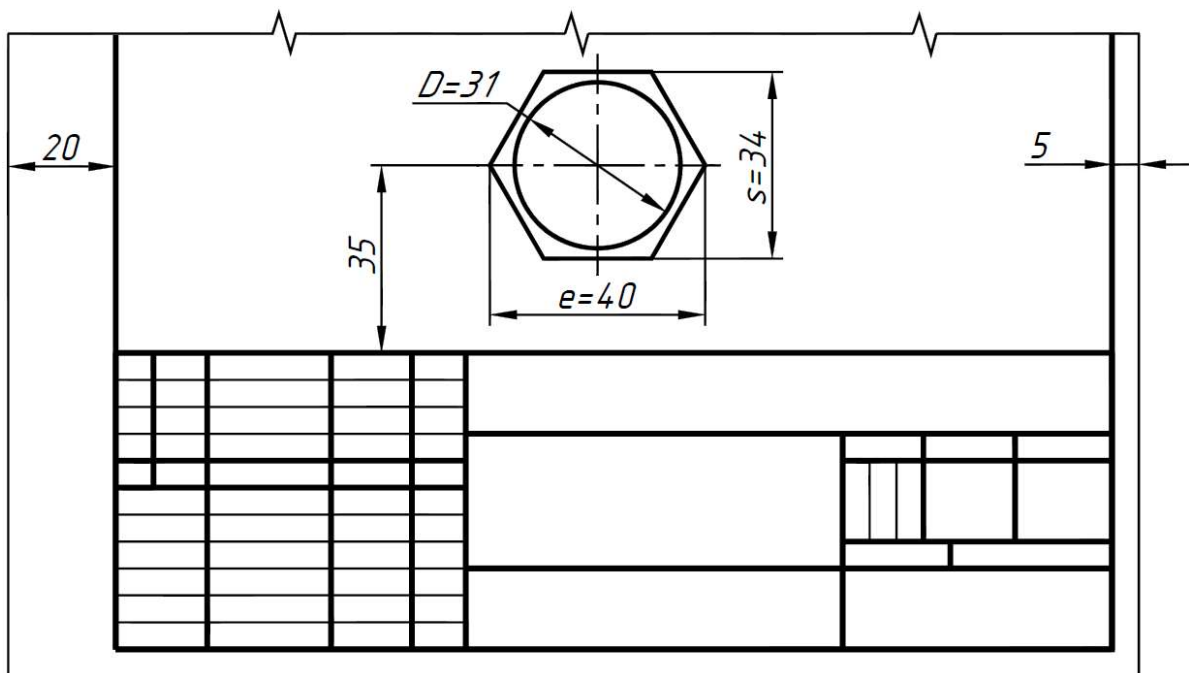


Рис. 80

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. 81).

Находим фронтальные проекции точек 1 и 2 . Из них под углом 30° 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.

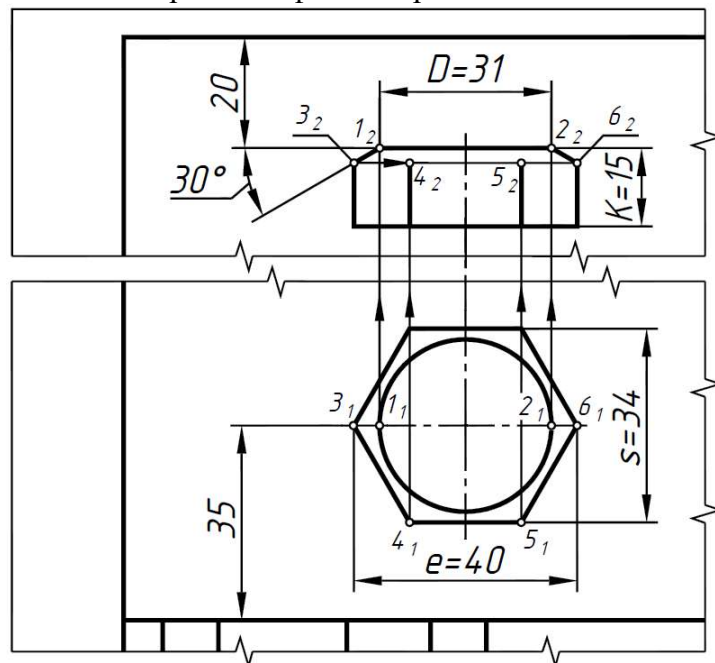


Рис. 81

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. 82, а).

Лекальные кривые гипербол условно заменяют дугами окружностей, проведённых через три точки (рис. 82, б). При этом центры этих дуг окружностей располагаются на пересечении перпендикуляров, проведённых через середины отрезков, соединяющих эти точки, например $4, 9$ (рис. 82, в).

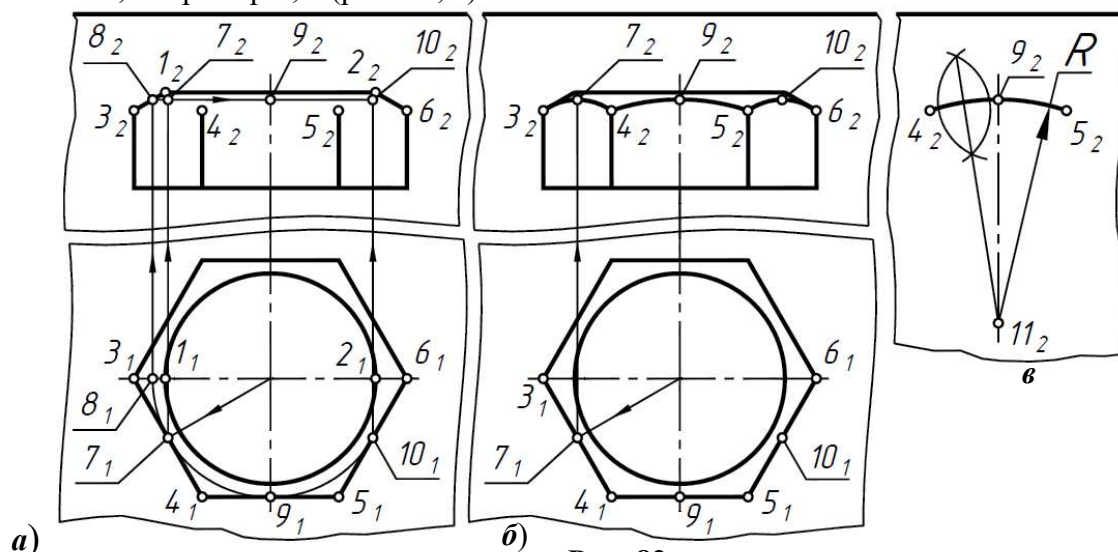


Рис. 82

Далее переходим к формированию стержня болта с резьбой и фаской (рис. 83). Наносим тонкие линии резьбы от фаски до границы резьбы, которую выполняем основной сплошной толстой линией.

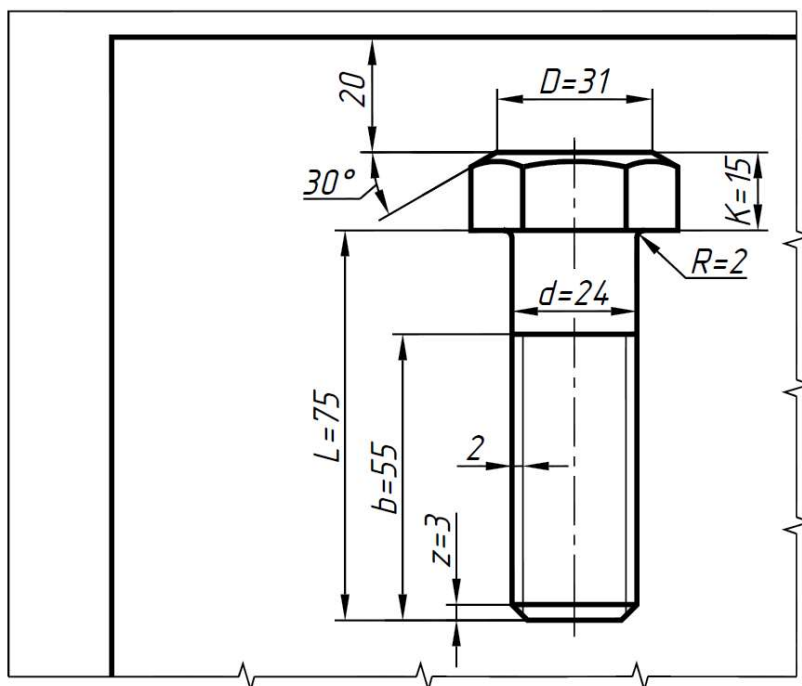


Рис. 83

Построив изображения, проведя выносные и размерные линии, следует нанести на эскиз знаки шероховатости, ориентируясь на рис. 84 – 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.

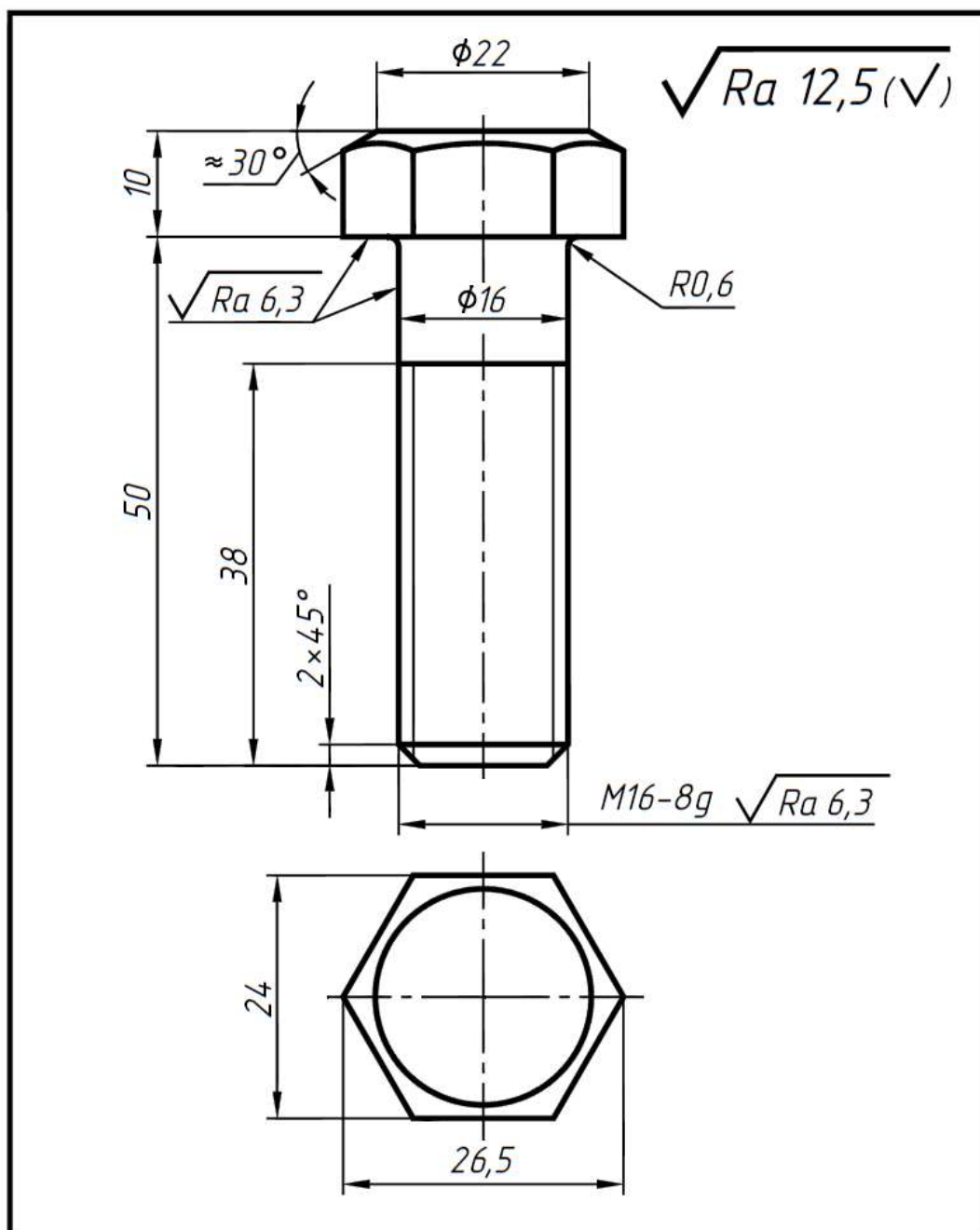
Знак шероховатости, нанесённый на размерной линии наружного диаметра резьбы, относится к её боковому профилю (см. раздел 5).

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. 84 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 1050-2013**. Этой марке стали соответствует класс прочности **48** (табл. 19). Класс прочности указываем в обозначении болта.

На рис. 84 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.



П-141.03.12.00.001							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Болт М16-8g×50.48		
Разраб.	Кузьмин				ГОСТ 7798-70		
Пров.	Решетов				Лист	Масса	Масштаб
Т. контр.					Лист	Листов	1
Н. контр.					Сталь 10 ГОСТ 1050-2013		
Утв.					ЮУрГУ Кафедра ИКГ		

Рис. 84

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. 80 – 82). На рис. 84 приведён пример выполнения компоновки изображений эскиза гайки.

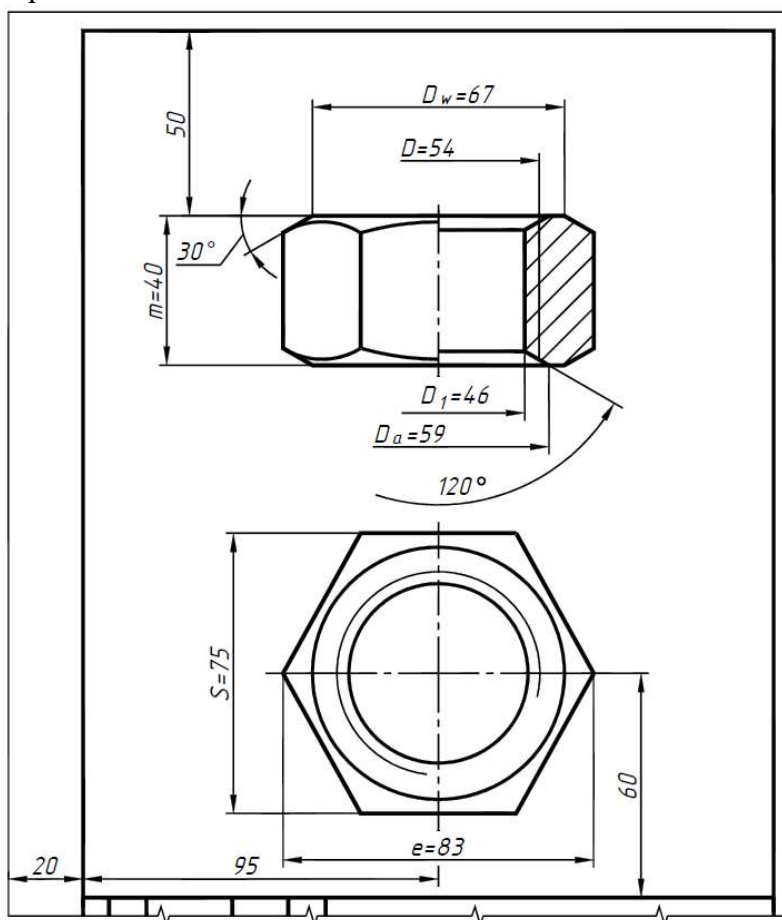


Рис. 85

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 , 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 , 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. 86 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.

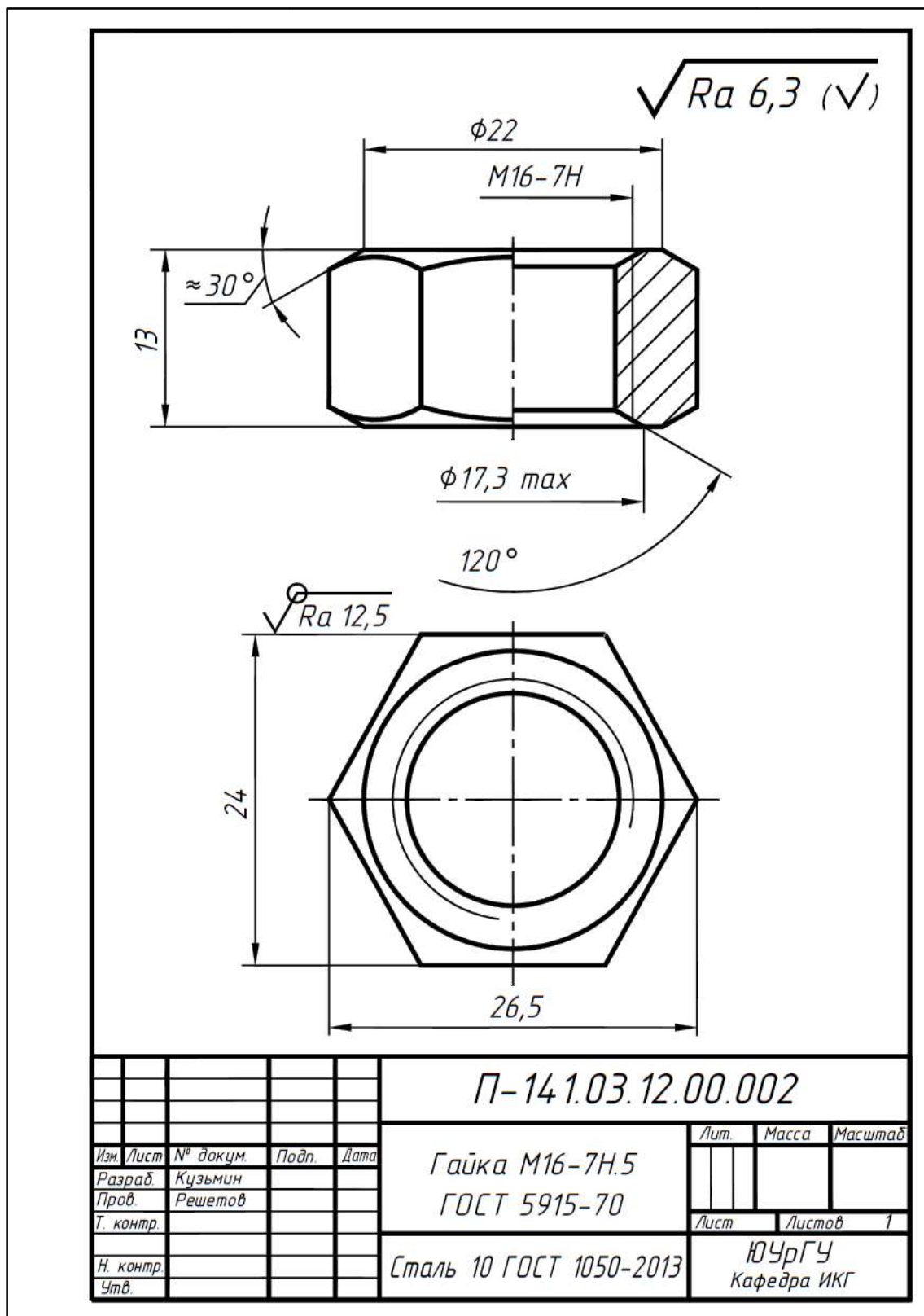


Рис. 86

6.1.3. Выполнение сборочного чертежа «Переходник»

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 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. Сборочный чертеж сопровождается спецификацией.

Сборочный чертеж 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 чертеж 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 чертеж должен иметь **спецификацию** – перечень всех деталей с их краткой характеристикой. Спецификация является основным конструкторским документом. Спецификацию выполняют на отдельных листах формата **А4**. Форма и порядок заполнения спецификации установлены ГОСТ Р 2.106-2019. В спецификацию для учебных сборочных чертежей входят следующие разделы:

1. Документация (сборочный чертеж).
2. Детали.
3. Стандартные изделия.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается тонкой линией. Ниже каждого заголовка оставляется одна свободная строка, выше – не менее одной свободной строки. В раздел «Документация» в учебных чертежах вписывают «Сборочный чертеж». В раздел «Детали» вносят наименования деталей, входящих в сборочную единицу. В раздел «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по стандартам. Следует обратить внимание на то, что патрубок, отрезанный от стандартной трубы, стандартным изделием не является, в связи с чем, его обозначение помещают в раздел «Детали». В графе «Обозначение» указывают обозначение составной части сборочной единицы, например: **П-105.03.12.01.001**, где **П-105** – номер группы, в которой обучается студент; **03** – номер задания; **12** – номер варианта; **01** – номер узла; **001** – номер детали (корпус).

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

На рис. 87 приведён пример выполнения сборочного чертежа. На рис. 88 приведён пример выполнения спецификации сборочного чертежа, приведённого на рис. 87.

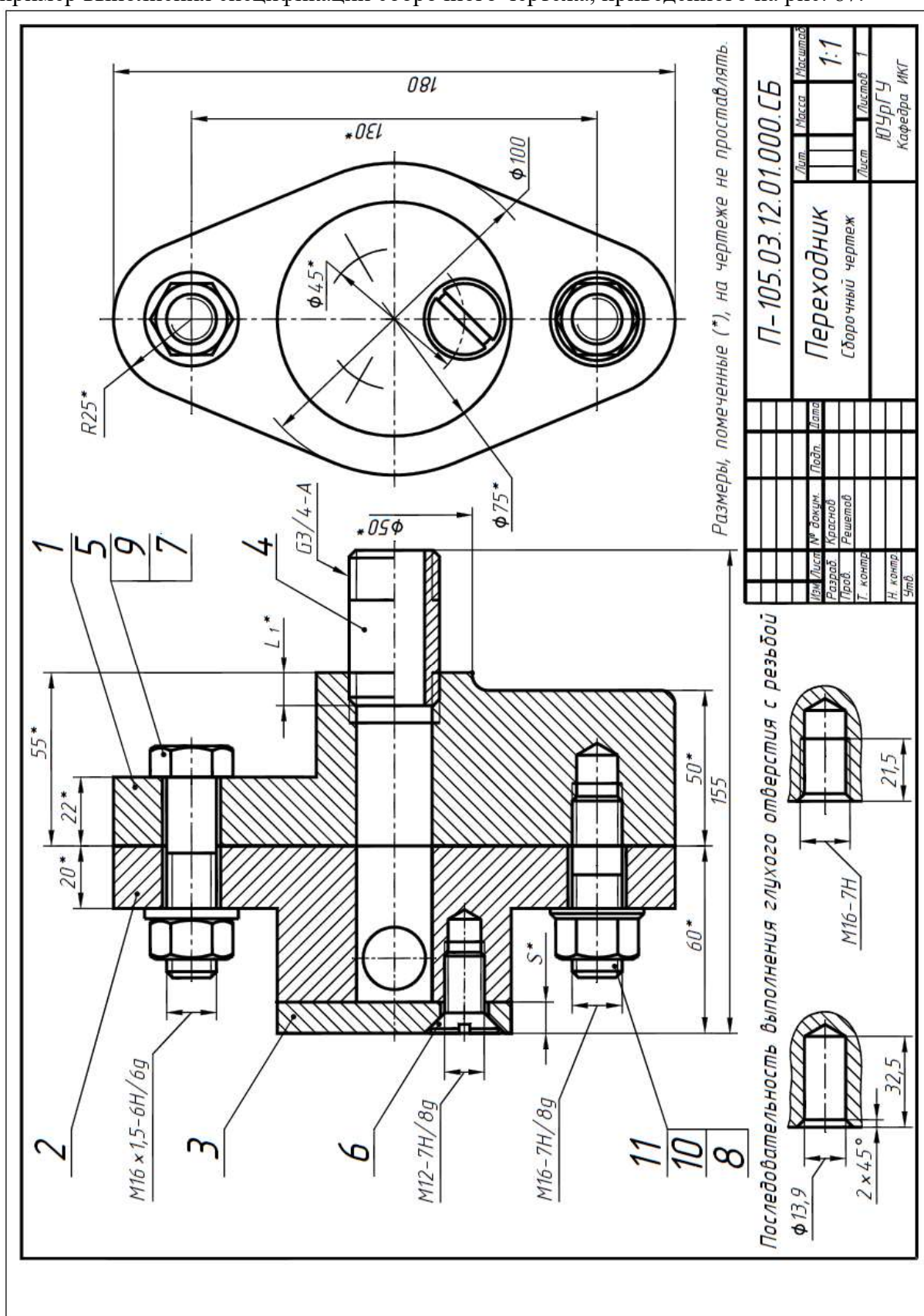


Рис. 87

20		6	6	8	70		63		10	22	5		
Формат	Зона	Поз.			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
						<u>Документация</u>							
А3					П-105.03.12.01.000.СБ	Сборочный чертеж							
						<u>Детали</u>							
		1			П-105.03.12.01.001	Корпус	1						
		2			П-105.03.12.01.002	Фланец	1						
		3			П-105.03.12.01.003	Крышка	1						
		4			П-105.03.12.01.004	Труба Р-20×2,8×50	1						
						<u>Стандартные изделия</u>							
		5				Болт М16×1,5-6g×6 5.48.0512	1						
						ГОСТ 7798-70							
		6				Винт М12-8g×25.46	3						
						ГОСТ 17475-80							
						Гайка ГОСТ 5915-70							
		7				М16×1,5-6H.5.0512	1						
		8				2М16-7H.5	1						
						Шайба ГОСТ 11371-78							
		9				16.01.Сталь 10.0512	1						
		10				2.16.04	1						
		11				Шпилька М16-8g×45.46	1						
						ГОСТ 22032-76							
					П-105.03.12.01.000								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Переходник					Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Краснов												1
Провер.	Решетов												
Н. контр.													
Утв.										ЮУрГУ Кафедра ИКГ			

Рис. 88

Классификатор сборочного чертежа, согласно ГОСТ 2.102-2013, имеет код **СБ**. Для спецификации стандартом код не предусмотрен (см. рис. 88). Следует обратить внимание на разные размеры основной надписи чертежа (185×55 мм) и спецификации (185×40 мм).

В табл. 35–37 приведены варианты задания «Соединения резьбовые».

Таблица 35

Соединение деталей болтами Крепежные изделия исполнения 1: Болт ГОСТ 7798-70 Гайка ГОСТ 5915-70 Шайба ГОСТ 11371-78						
№	Номи- нальный диаметр резьбы болта	Шаг резь- бы болта	Класс точности ГОСТ 16093-2004	Марка стали болта, гайки, шайбы	Вид покрытия	Толщи- на по- крытия, мкм
1	14	Мелкий	Средний	Сталь 10кп	Цинковое хромат.	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 хромат.	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 хромат.	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 хромат.	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 хромат.	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

Соединение деталей шпильками и винтами Для шпильки, гайки, шайбы и винта материал – Сталь 20, шаг крупный, поля допусков – 7H/8g, без покрытия. Гайки и шайбы – исполнение 2. Винты класса точности В						
№	Номи- нальный диаметр резьбы шпильки	Материал, в который ввин- чиваем шпильку	Номи- наль- ный диаметр резьбы винта	Винт по ГОСТ	Толщина скреп- ляемой детали, S, мм	Материал, в который ввин- чиваем винт
1	14	Сталь	12	17473-80	12	Бронза
2	20	Бронза	10	11738-84	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	11738-84	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	11738-84	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

Соединение деталей трубной резьбой Трубы стальные водо – и газопроводные. ГОСТ 3262-75 Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357-81, класс точности А			
№ варианта	Условный проход, <i>Ду</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 выполнения задания № 3

Соединение болтом

Исходные данные для выполнения соединения болтом.

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

Шаг резьбы – **мелкий**.

Класс точности ГОСТ 16093-2002 – **средний**.

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

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

Толщина покрытия – **12 мкм**.

Расчет соединения болтом

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

По табл. 5 определяем величину шага резьбы. Номинальному диаметру резьбы 16 мм соответствует мелкий шаг – **1,5 мм**.

По табл. 2 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. 22 определяем, что оксидное, пропитанное маслом покрытие деталей болтового соединения: болта, шайбы и гайки, имеет цифровое обозначение **05** (ГОСТ 1759.0-87).

На рис. 89 показана сборочная размерная цепь, позволяющая определить длину L болта, обеспечив при этом необходимый запас резьбы при выходе конца болта из гайки (размер a). 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. 87);

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, расчётная длина болта

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

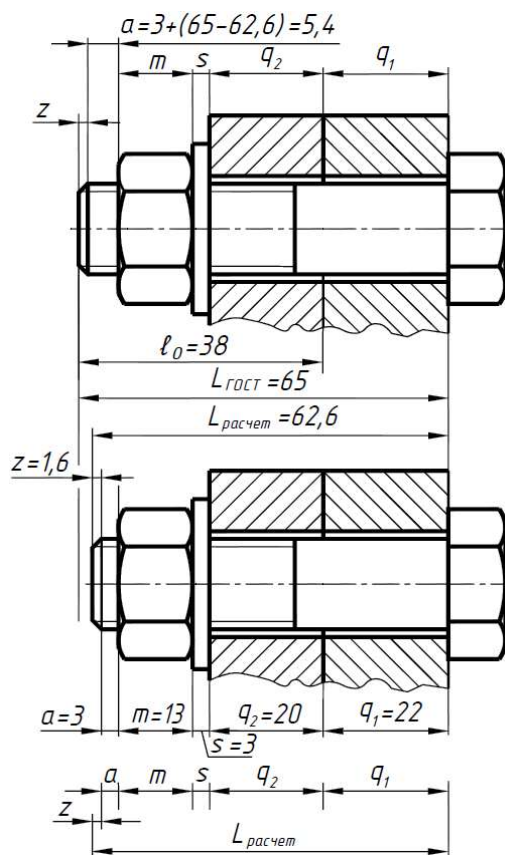


Рис. 89

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 «а» 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 23. 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. 2);

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. 6, гайки – по табл. 8, шайбы – по табл. 15. По табл. 6 определяем величину крупного шага для номинального диаметра резьбы 16 мм. Крупный шаг – 2 мм.

На рис. 90 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). Длину шпильки (без ввинчиваемого конца) определим по формуле

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

где $q_2=20$ 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 шпильки из гайки;

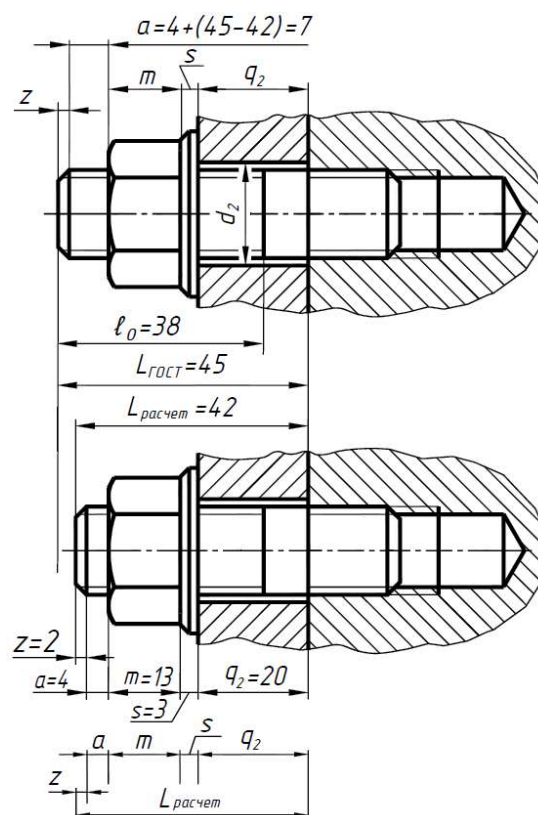


Рис. 90

z – высота фаски шпильки. 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, расчётная длина шпильки

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

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 $\ell_0 = 38$ мм. Вычерчиваем шпильку длиной 45 мм.

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

Диаметр гладкого отверстия в присоединяемой детали определим по табл. 26. При диаметре стержня шпильки 16 мм диаметр отверстия $d_2 = 18$ мм.

Гнездо под шпильку

Длина ввинчиваемого (посадочного) конца шпильки ℓ_1 (рис. 91, *a*) 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 ℓ_5 и недорез ℓ_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 (рис. 91, *б*):

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

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 $6H$ – $d_f = 13,9$ мм.

Для облегчения входа метчика при нарезании резьбы на отверстии выполняем фаску. При шаге резьбы 2 мм фаска – 2 мм (табл. 24).

Длина резьбы глухого отверстия под шпильку (рис. 91, *в*):

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

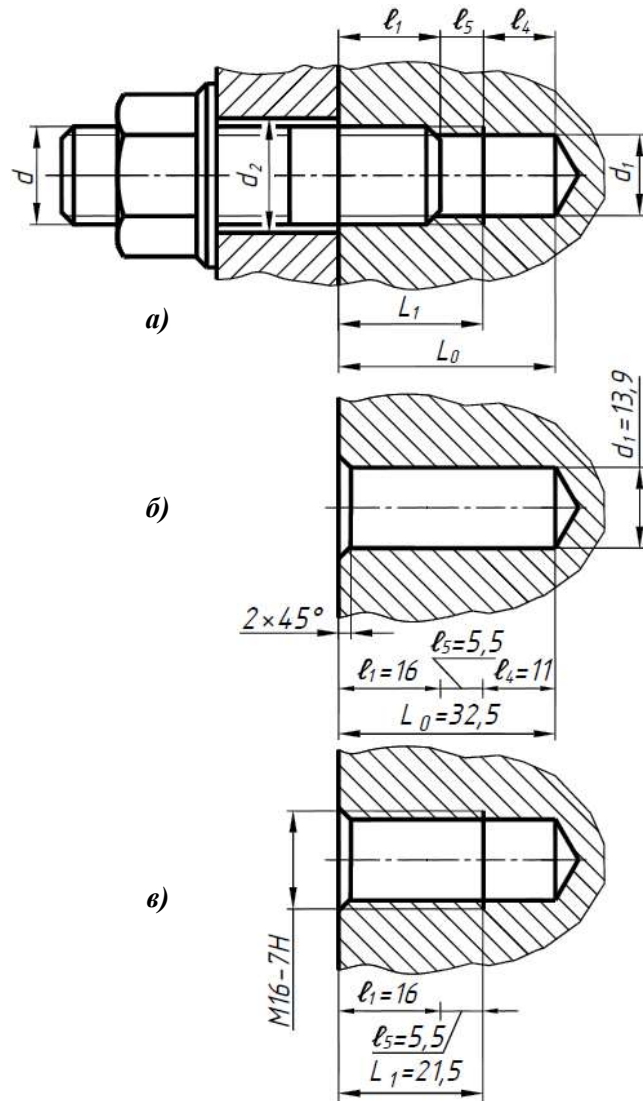


Рис. 91

Следует помнить, что длина ввинчиваемого (посадочного) конца шпильки ℓ_1 зависит от материала детали, в которую ввинчивается шпилька. В связи с этим изменяется глубина резьбового отверстия под шпильку. На рис. 92, *a* приведены размеры глухого резьбового отверстия (гнезда) под шпильку $M16$, вворачиваемую в деталь, изготовленную из стали, бронзы, латуни, или титана. На рис. 92, *б* приведены размеры резьбового

Figure 1.3 shows three technical drawings (a, b, c) illustrating the design of a bolted joint with a conical bottom flange. The drawings show the side view of the flange and the cross-section of the joint.

Key dimensions and parameters shown in the drawings:

- Flange Thickness (l_1):**
 - (a) $l_1 = d = 16$
 - (b) $l_1 = 1,25d = 20$
 - (c) $l_1 = 2d = 32$
- Bolt Specification:** M16-7H
- Flange Angle:** $2 \times 45^\circ$
- Other Dimensions:**
 - L_1 : Total height of the flange assembly.
 - l_2 : Height of the upper part of the flange.
 - l_3 : Height of the lower part of the flange.
 - l_4 : Height of the lower part of the flange.
 - L_0 : Total height of the joint.

Соединение винтами

шаг резьбы – **крупный**;
класс точности (ГОСТ 16093-2004) – **грубый**. Поле допуска резьбы винта – **8g**, поле допуска резьбы в отверстии – **7H** (табл. 3);
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.

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**.

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

Для детали из серого чугуна глубина ввинчивания

$$e_1 = 1.25d = 1.25 \times 12 = 15 \text{ mm.}$$

На рис. 93, *б* приведена сборочная размерная цепь для подсчета длины винта с цилиндрической головкой.

$$L_B = S + e_1 = 10 + 15 = 25 \text{ mm.}$$

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.

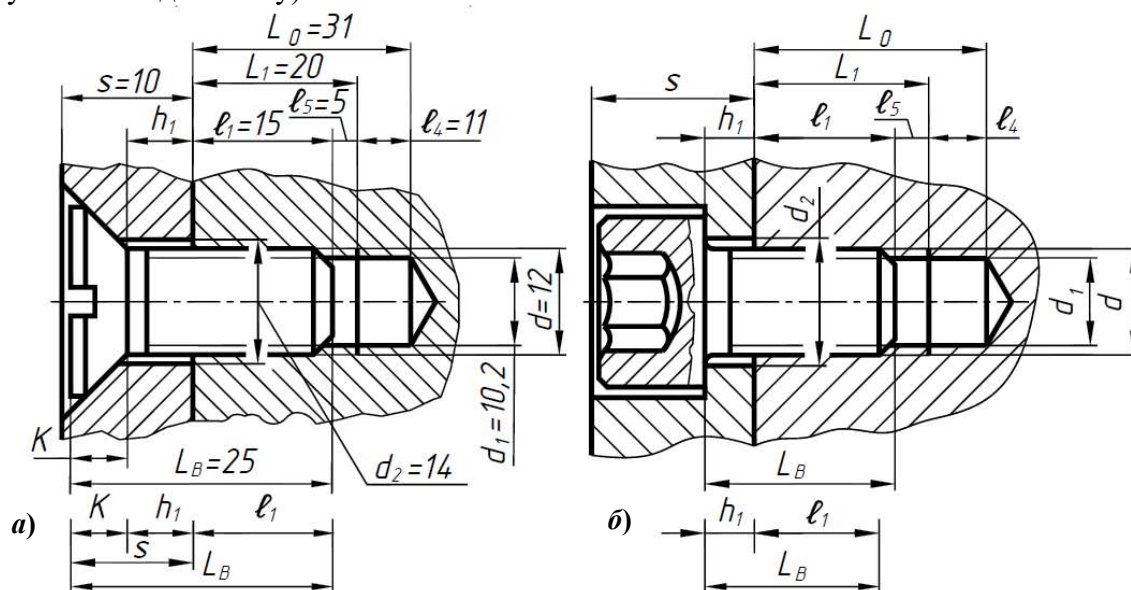


Рис. 93

По табл. 24 определим запас резьбы l_5 , недорез l_4 и фаску z , которые зависят от шага резьбы. При шаге резьбы 1,75 мм – $l_5=5,0$ мм, $l_4=11$ мм, $z=1,6$ мм. Глубина сверленного под резьбу винта отверстия

$$L_0 = l_1 + l_5 + l_4 = 15 + 5,0 + 11 = 31 \text{ мм.}$$

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 – $d_f=10,2$ мм. Длина резьбы глухого отверстия под винт

$$L_1 = l_1 + l_5 = 15 + 5,0 = 20 \text{ мм.}$$

Диаметр гладкого отверстия в присоединяемой детали (d_2) определим по табл. 26. При диаметре стержня винта 12 мм диаметр отверстия $d_2=14$ мм.

На рис. 94 приведена зависимость длины винта от материала детали, в которую он ввинчен.

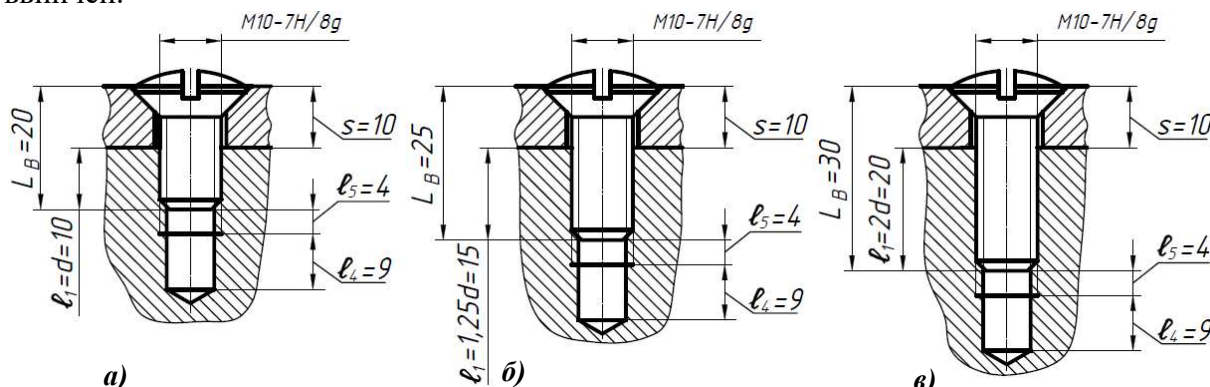


Рис. 94

На рис. 94, а приведены размеры глухого резьбового отверстия (гнезда) под винт M10, вворачиваемый в деталь, изготовленную из стали, бронзы, латуни, или титана. На рис. 94, б приведены размеры резьбового гнезда под винт, вворачиваемый в деталь, из-

готовленную из чугуна. Размеры гнезда в детали из лёгкого сплава (алюминиевого или магниевое) приведены на рис. 94, в.

Соединение трубной резьбой

Исходные данные для всех вариантов:

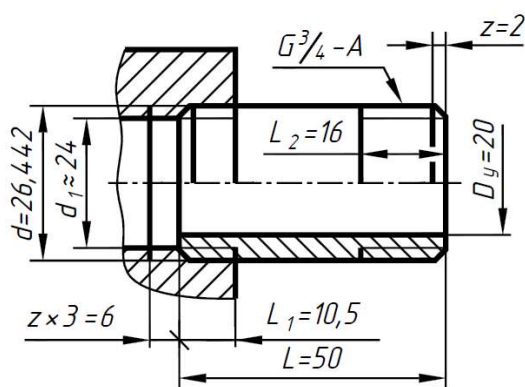
резьба трубная цилиндрическая, класс точности **A**, ГОСТ 6357-81. Трубы стальные водопроводные ГОСТ 3262-75 (табл. 17).

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 (рис. 95) выполним равным внутреннему диаметру трубной резьбы (≈ 24 мм).

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

$$10,5+2 \times (2 \dots 3) = (14,5 \dots 16,5) \text{ мм.}$$

Рис. 95

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. 87. 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 Р 2.106-2019. На рис. 88 приведен пример спецификации для сборочного чертежа (рис. 87). 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, винтов, гаек, шайб и шпильки.

Условное обозначение болтов, винтов, гаек приведено в разделе 2.8 на с. 46, условное обозначение шайб приведено в разделе 2.9 на с. 47.

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 **12** мкм

Болт M16×1,5–6g×65.48.0512 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 В M12–8g×25.46 ГОСТ 17475–80.

Следует помнить, что шлицы головок винтов на сборочных чертежах, на виде слеа, изображают под 45° к основной надписи (см. рис. 87).

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 **12** мкм

Гайка M16×1,5–6H.5.0512 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 **12** мкм

Шайба 16.01.Сталь 10.0512 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 M16–8g×45.46 ГОСТ 22032–76.

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

П–105.03.12.01.000.СБ.

Здесь **П** – институт, **105** – № группы, в которой обучается студент, **03** – № задания, **12** – № варианта выполняемого студентом, **01** – № сборочного чертежа, **000** – № деталей, входящих в сборочную единицу, **СБ** – код сборочного чертежа.

Деталь № 1 – корпус имеет обозначение:

П–105.03.12.01.001,

Деталь № 2 – фланец имеет обозначение:

П–105.03.12.01.002 и т.д.

Для стандартных изделий графу «Обозначение» не заполняем.

6.2. Задание № 4. Выполнение эскизов деталей машин

Задание заключается в выполнении эскизов реальных деталей:

1. Зубчатого цилиндрического колеса на формате **A4**;
2. Вала на формате **A3**;
3. Детали 2-ой группы сложности, имеющей необработанные (чёрные) и обработанные (чистые) поверхности. В зависимости от сложности детали эскиз выполняется на формате **A4** или **A3**.

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. 71), 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 венца (рис. 97) по формулам, приведенным в табл. 33.

Геометрические параметры зубчатого венца необ-

ходимо рассчитывать до трех знаков после запятой.

Размеры остальных конструктивных элементов зубчатого колеса определяются путём непосред-

ственного обмера мерительным инструментом (рис. 98). 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 вычер-

чивают 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

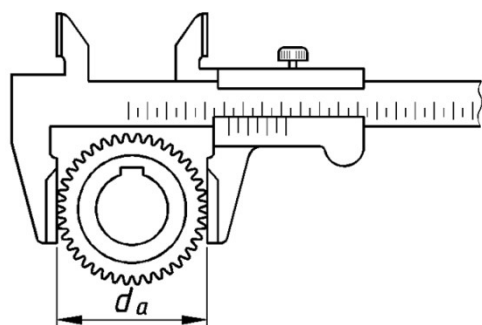


Рис. 96

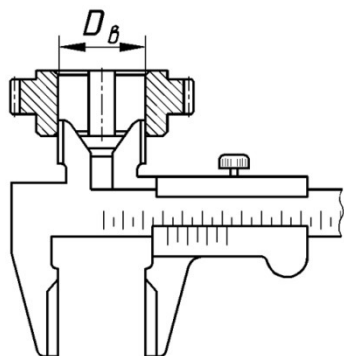


Рис. 98

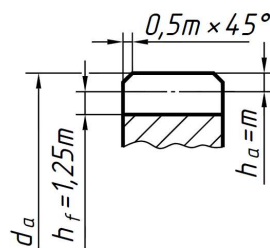


Рис. 97

Окружности и образующие поверхностей впадин показывают сплошными тонкими линиями, а в разрезах – сплошными толстыми линиями.

Делительные окружности показывают тонкими штрихпунктирными линиями (см. рис. 99).

Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то на разрезах и сечениях зубчатых колёс зубья условно совмещаются с плоскостью чертежа и показываются не рассеченными (см. рис. 71, 99).

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. 99.

Следует обратить внимание на то, что размеры таблицы и её расположение на поле чертежа изменять нельзя!

Нанесение знаков шероховатости

Особенность простановки знаков шероховатости на чертежах (эскизах) зубчатых колёс 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 (рис. 100). Шероховатость остальных поверхностей зубчатого колеса проставляют по общим правилам в зависимости от назначения данной поверхности (табл. 34).

Знак шероховатости в верхнем правом углу не должен касаться таблицы!

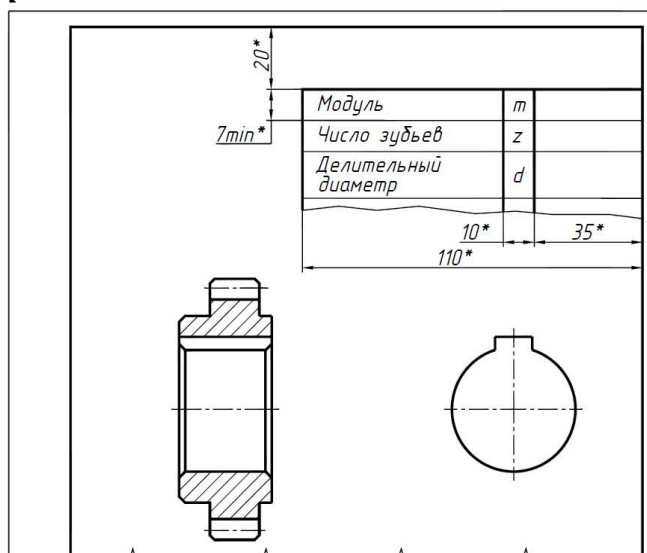


Рис. 99

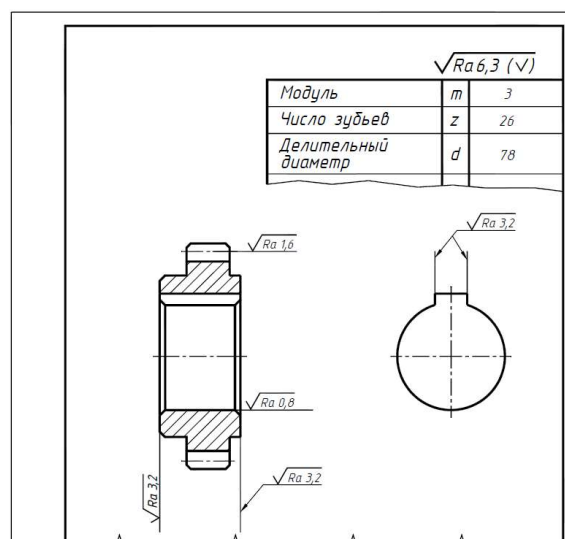


Рис. 100

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 (рис. 101). Размер фасок следует согласовать со стандартом (табл. 38).

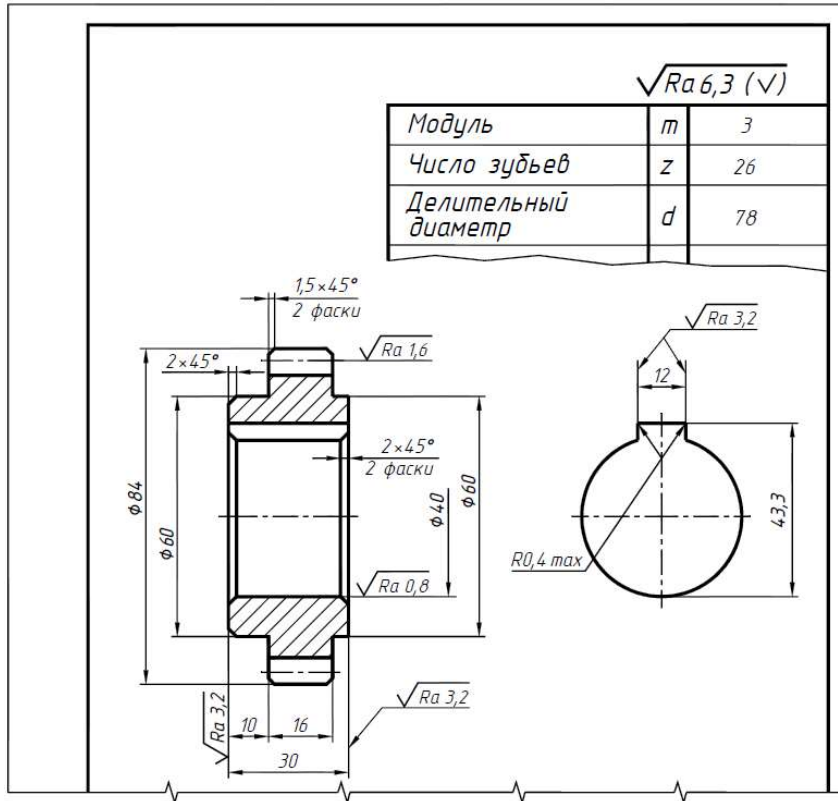


Рис. 101

чертежа прямозубого цилиндрического зубчатого колеса при наличии в отверстии шлицев см. на рис. 54, б.

Пример выполнения эскиза прямозубого цилиндрического зубчатого колеса с отверстием, имеющим паз под шпонку, приведен на рис. 103.

Оформление технических требований и заполнение основной надписи

Над основной надписью записываем требования, предъявляемые к материалу зубчатого колеса (например, ограничения по твердости – **HB 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:

П-105.04.10.00.145

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

Заполняем графу материал, например, **Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016** (сталь, легированная хромом).

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

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 b и t_2 (рис. 102) выбираем из табл. 28, 29 в зависимости от типа шпонки и диаметра вала D_b , который равен диаметру отверстия в колесе.

Размеры отверстий со шлицами – в табл. 31.

Пример выполнения

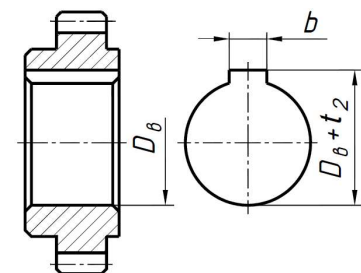


Рис. 102

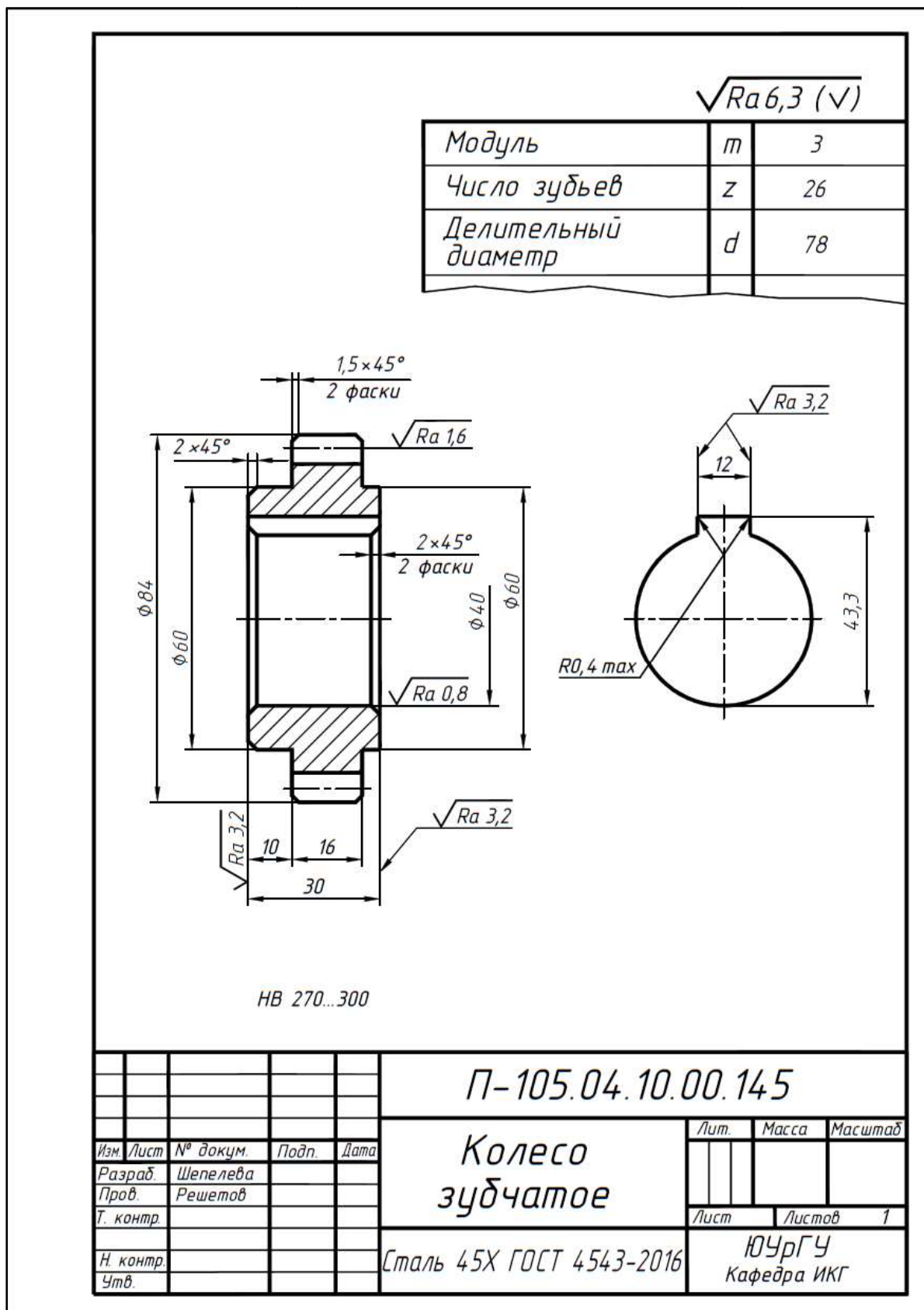


Рис. 103

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. 104).

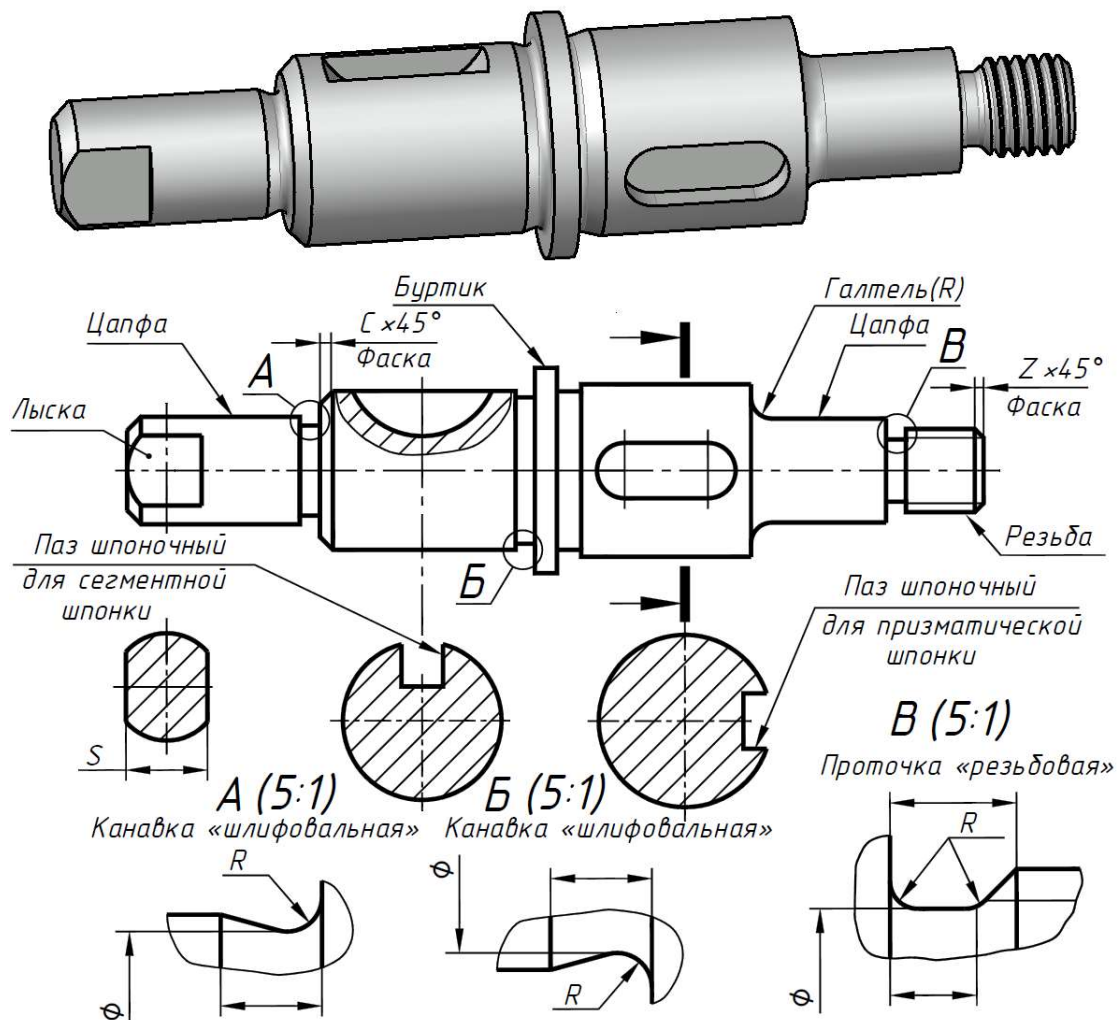


Рис. 104

Деталь, представленная на рис. 104, имеет следующие стандартизованные конструктивные элементы: фаска резьбового участка (Z), фаски гладких цилиндрических поверхностей (C), 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, $M16 \times 1,5-8g$ 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

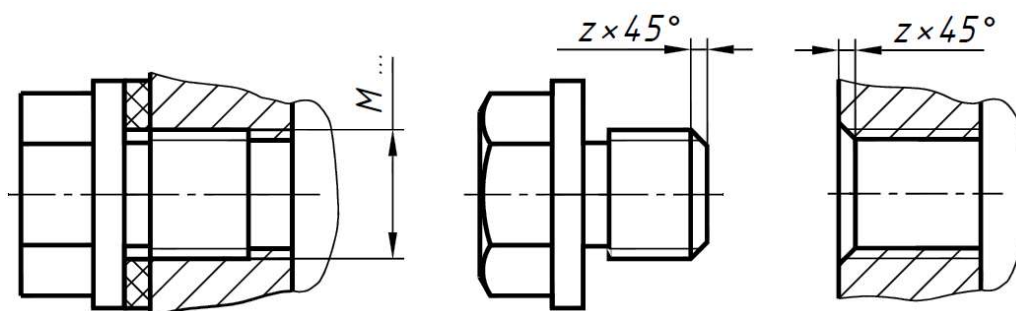
Фаски цилиндрических деталей [ГОСТ 10948-64], мм

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 (рис. 105). 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 (рис. 106, поз. 34). Диаметр посадочного места под подшипник должен совпадать с внутренним диаметром подшипника. Подшипник – деталь стандартная.

На рис. 106 приведен фрагмент чертежа общего вида редуктора. Вал (поз. 18) установлен в корпусе с помощью двух шарикоподшипников (поз. 32). Левый подшипник, напрессованный на вал, фиксируется в осевом направлении дистанционным кольцом (поз. 15), с одной стороны и пружинным кольцом (поз. 29) с другой. Стопорное пружинное кольцо (ГОСТ 13940-86) при сборке входит в специальную канавку в корпусе.

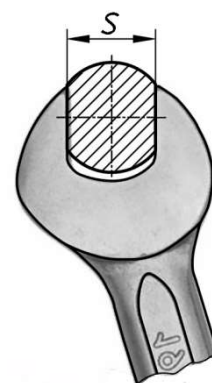
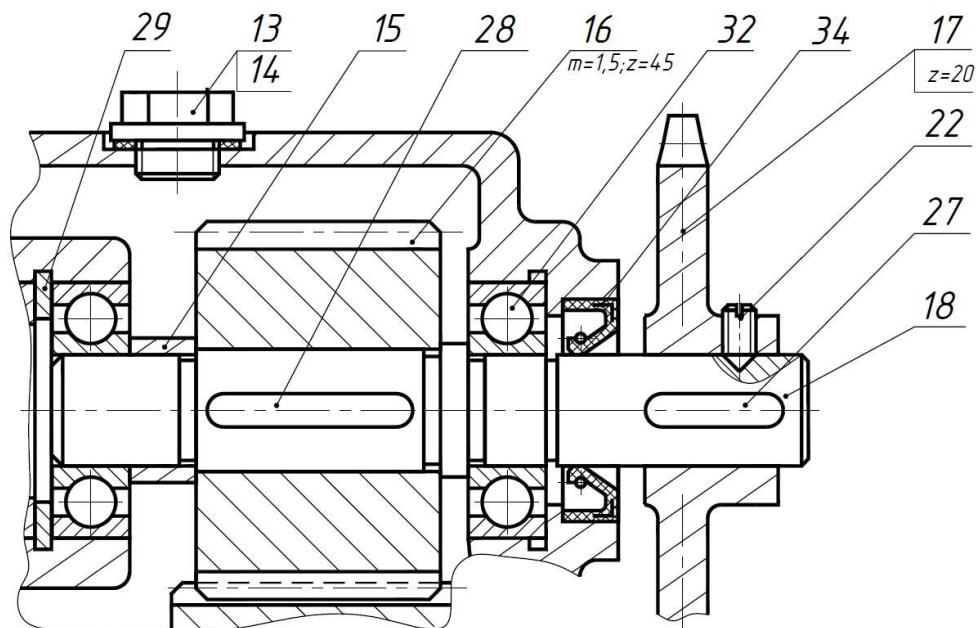


Рис. 105



Другой подшипник запрессован в расточку в корпусе и фиксируется буртиком на валу. Зубчатое колесо (поз. 16), напрессовано на вал на призматической шпонке (поз. 28).

Рис. 106

На выходном конце вала предусмотрена призматическая шпонка (поз. 27) под звёздочку цепной передачи (поз. 17). Звёздочку в осевом направлении фиксирует установочный винт ГОСТ 1476-93 (поз. 22).

Зубчатое колесо фиксируется в осевом направлении буртиком вала и дистанционным кольцом (поз. 15). Правый подшипник защищен резиновой армированной манжетой ГОСТ 8752-79 (поз. 32), запрессованной в расточку в корпусе.

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 (рис. 106, поз. 28), 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 рис. 107, а и сегментные рис. 107, б) и диаметра вала в месте запрессовки зубчатого колеса или другой какой-либо детали (табл. 28, 29). Размеры зубчатых (шлицевых) соединений приведены в разделе 3.1.3 табл. 31.

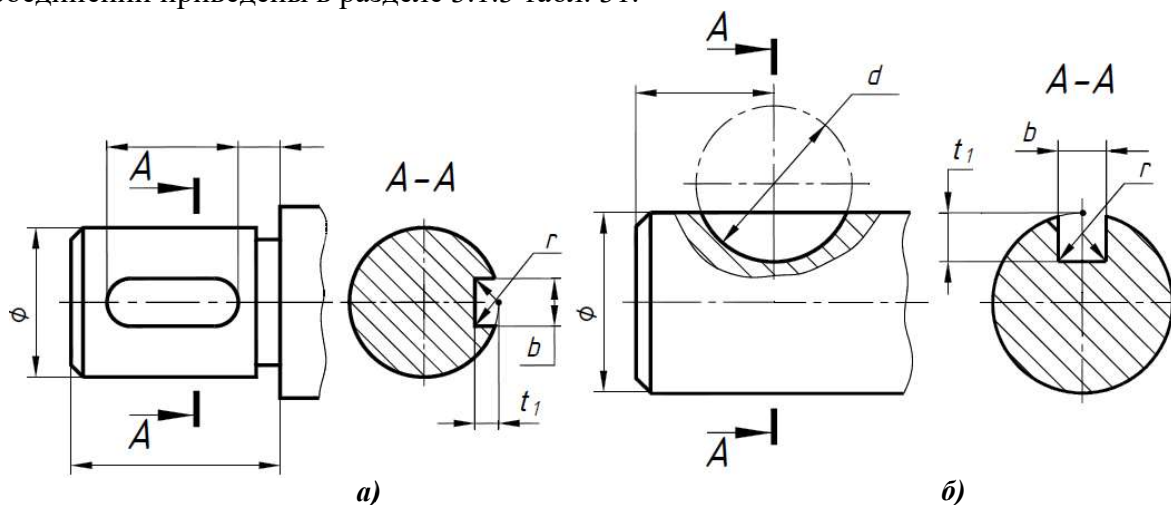


Рис. 107

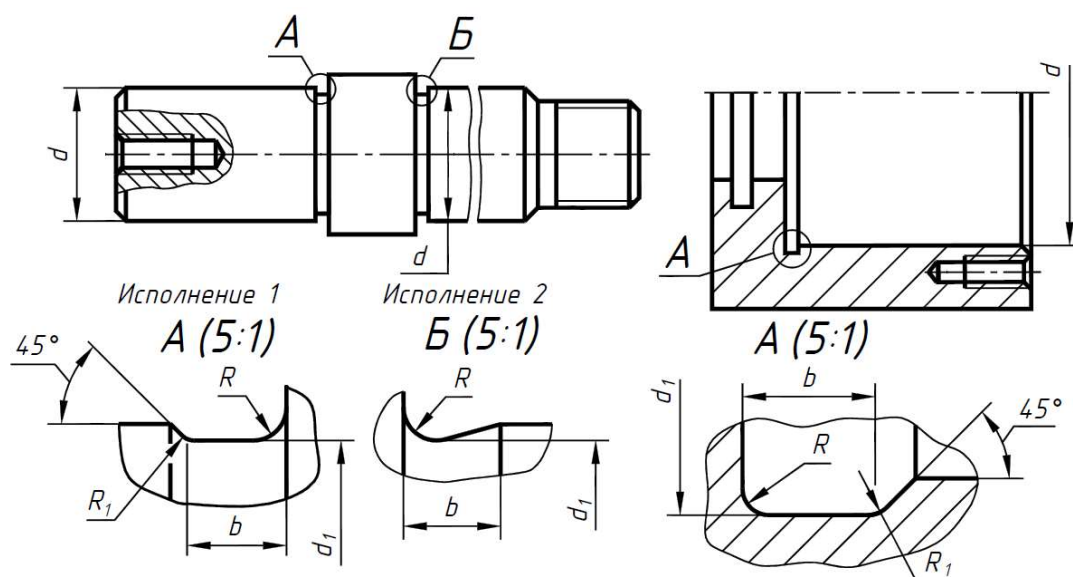
Поверхности валов, на которые напрессовывают зубчатые колеса, подшипники и т.п. детали, как правило, шлифуют. Их отделяют от не шлифованных поверхностей канавками для выхода шлифовального круга.

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.

При наличии на детали резьбы, при необходимости вворачивания детали до упора (рис. 106, поз. 24), применяют наружные и внутренние **проточки**. Размеры проточек зависят от **типа** и **шага** резьбы. Размеры проточек для выхода инструмента при нарезании метрической резьбы (ГОСТ 27148-86) 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)
≤ 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	$d - 1,0$	$d + 1,0$
≥ 100	8,0	2,0	1,0	$d - 1,0$	$d + 1,0$
	10,0	3,0	1,0	$d - 1,0$	$d + 1,0$

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 (рис. 108).

Следует обратить внимание на изображение вала при наличии паза для сегментной шпонки (рис. 104, 107, б). В этом случае для выявления формы паза выполняется местный разрез.

Проточки изображают, как правило, выносными элементами в бóльшем масштабе, чем главное изображение (см. рис. 108).

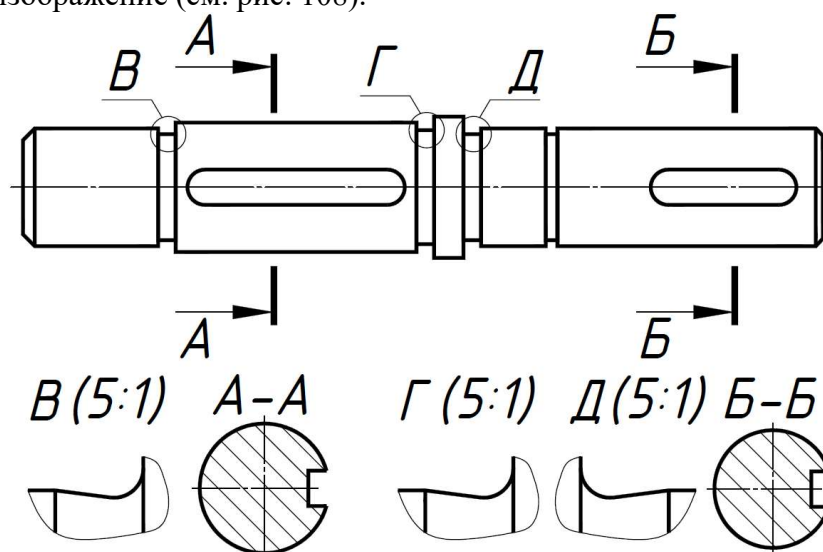


Рис. 108

Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв *Ё, З, Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь*. Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторов и пропусков. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть в два раза больше размера цифр размерных чисел данного чертежа (ГОСТ 2.316-2008).

Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, приводят непосредственно после надписи, относящейся к изображению. Например: *Г (5:1)*.

Компоновка изображений на листе

Следует предусмотреть место для всех необходимых изображений, знаков шероховатости и размеров. Участки вала, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение, допускается изображать с разрывами. Изображения с разрывами ограничивают сплошной волнистой линией, соединяющей соответствующие линии контура или сплошной тонкой линией с изломом, которая может выходить за контур изображения на длину 2–4 мм (ГОСТ 2.305-2008, п. 9.10).

Выносной элемент следует располагать возможно ближе к соответствующему месту на изображении вала.

Сечение для простановки размеров шпоночного паза по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечения на любом месте поля чертежа.

Пример выполнения эскиза вала с пазами для призматических шпонок приведен на рис. 110. 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.

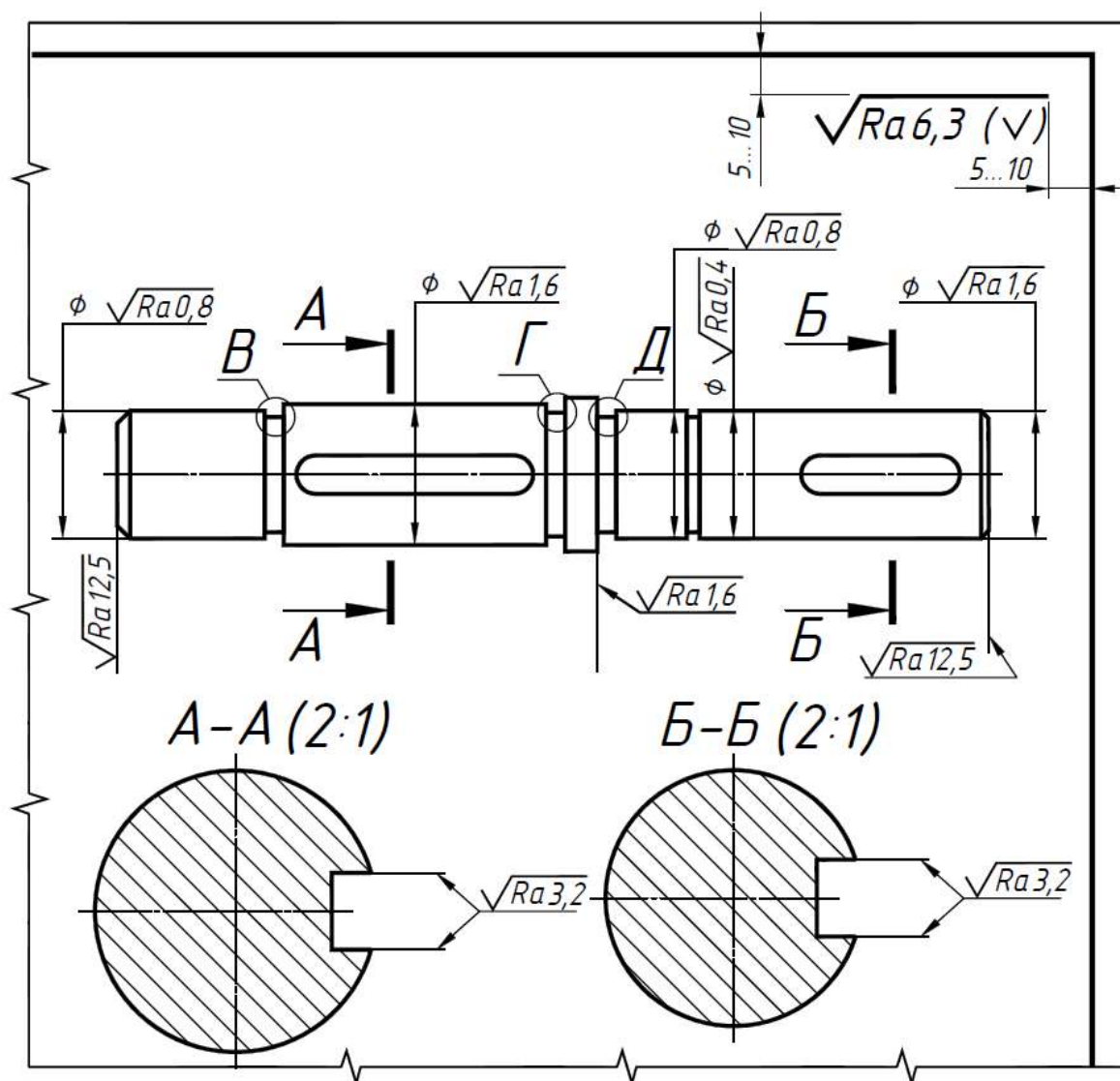


Рис. 109

Изучая конструкцию детали, следует выявить те поверхности, по которым эта деталь соприкасается с другими деталями узла (см. рис. 106)

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 $Ra0,2...0,4$ мкм. Такую же шероховатость должна иметь поверхность контакта с уплотняющей манжетой.

Цапфы валов (места запрессовки подшипников качения) должны иметь шероховатость $Ra0,4...0,8$ мкм.

При неподвижном контакте, например, место соединения зубчатого колеса с валом может иметь шероховатость $Ra0,8...1,6$ мкм (рис. 109). Поверхности под запрессовку втулок, вкладышей и т.п. имеют шероховатость $Ra1,6...3,2$ мкм. Такую же шероховатость должны иметь рабочие поверхности шпоночных пазов на валу.

На свободные поверхности (фаски, проточки, не трущиеся поверхности валов) и на резьбовые участки валов назначают шероховатость $Ra3,2...6,3$ мкм.

Торцы валов могут иметь шероховатость $Ra12,5...25$ 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. 81.

На рис. 109 приведён пример нанесения знаков шероховатости на чертеже (эскизе) вала. В соответствии с рекомендациями, шероховатость поверхности контакта вала с уплотняющей манжетой $Ra0,4$. Для мест запрессовки звёздочки и зубчатого колеса назначена шероховатость $Ra1,6$. Поскольку диаметр вала под манжету ($Ra0,4$) и под запрессовку звёздочки ($Ra1,6$) одинаков, поверхности с разной шероховатостью разделены тонкой линией. Для места запрессовки подшипников назначена шероховатость $Ra0,8$. Для торца вала, контактирующего с подшипником, назначена шероховатость $Ra1,6$. Для боковой поверхности шпоночных пазов, передающих крутящий момент, назначена шероховатость $Ra3,2$. Нерабочие поверхности шпоночных пазов, а также проточки, канавки и фаски имеют шероховатость $Ra6,3$, указанную в правом верхнем углу чертежа. На торцы назначена шероховатость $Ra12,5$.

Нанесение размеров на чертеже (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. Размеры шпоночных пазов назначаем по табл. 28, 29 в зависимости от типа шпонки и диаметра вала в том месте, где находится шпоночный паз.

Размеры канавок для выхода шлифовального круга назначаем по табл. 40 в зависимости от диаметра вала в том месте, где находится проточка. Размеры проточек для выхода инструмента при нарезании метрической резьбы определяем по табл. 1 в зависимости от шага резьбы резьбового участка вала.

На рис. 110 приведён пример простановки размеров на чертеже вала со шпоночными пазами. Длины участков вала проставляют с учетом технологии его изготовления [9, с. 161].

При простановке размера длины участка вала с проточкой, размер проставляется от торца до торца, включая проточку (размер 25). Обязательно проставляют габаритный размер – длину заготовки. Проставлять размеры замкнутой цепочкой не допускается.

Положение шпоночного паза относительно торца вала (размер 5 мм) определили непосредственным замером. Размер фасок торцов вала $1,5 \times 45^\circ$ нашли в табл. 38.



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:

П-105.04.10.00.415

П – институт; *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 1050-2013* (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 (рис. 111).

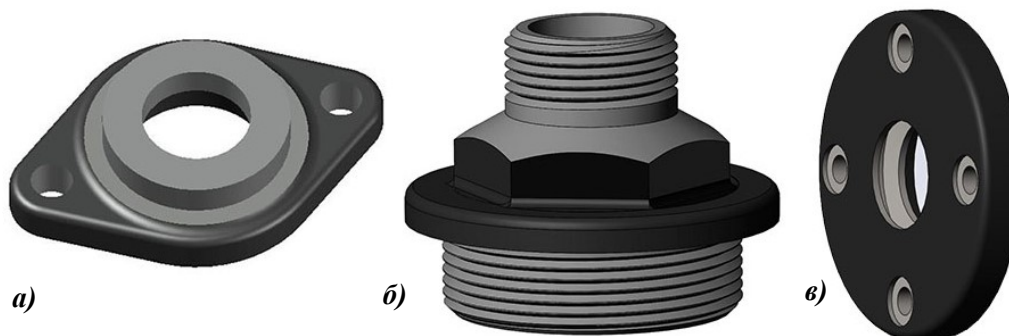


Рис. 111

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 вентиля (рис. 111, б).

Ознакомление с формой и размерами детали

Деталь, представленная на рис. рис. 111, б, 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). Крышка имеет три резьбовых участка. Два с наружной резьбой и резьбовое 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. рис. 111, б входит шестигранник – выполнено два изображения (рис. 113). 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 вентили (рис. 113).

Вертикальное расположение позволило рационально использовать формат А4. При горизонтальном расположении крышки (так как ее обрабатывают на станке), при том же масштабе изображения, потребуется формат А3.

Далее наносим тонкими линиями видимый контур 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

Выявляем обработанные и необработанные поверхности. Пользуясь данными табл. 34, назначаем шероховатость поверхностей детали (рис. 112).

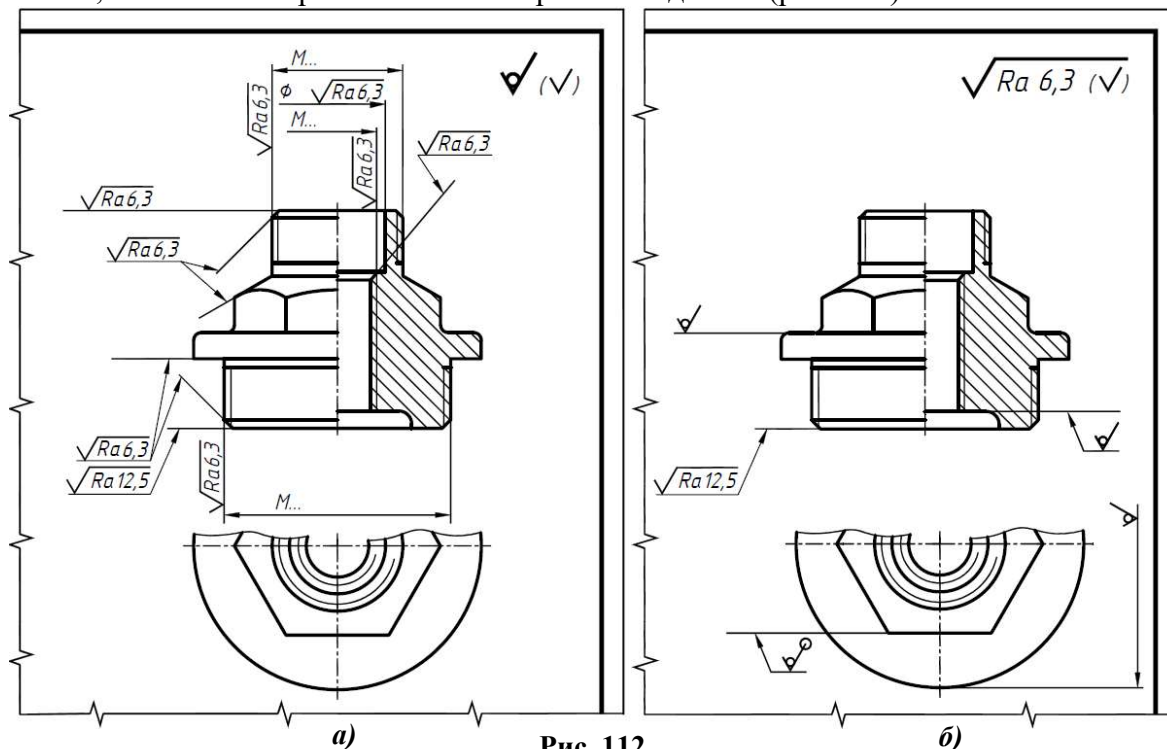


Рис. 112

На рис. 112, *а* нанесена шероховатость бокового профиля резьбы, фасок, торцов при неподвижном контакте – *Ra 6,3*. Свободный торец – *Ra 12,5*. В верхний правый угол эскиза вынесена шероховатость необработанных поверхностей – $\sqrt{\quad}$ ($\sqrt{\quad}$).

На рис. 112, *б* необработанные поверхности отмечены знаком $\sqrt{\quad}$. Знак $\sqrt{\quad}$ (по контуру) на виде сверху означает, что все шесть граней не обработаны.

Следует иметь в виду, что при плавном переходе одной необработанной поверхности в другую знак $\sqrt{\quad}$ не повторяют.

В верхний правый угол эскиза вынесена **преобладающая** шероховатость (одинаковая для большей части поверхностей детали) – *Ra 6,3*. Этот вариант простановки шероховатости соответствует требованиям пункта 2.7 ГОСТ 2.309-73. Он позволяет разгрузить поле эскиза (чертежа) от повторяющейся информации.

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 113) 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. 113 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 и техническими требованиями, необходимыми для изготовления детали.

Оформление технических требований и заполнение графа 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:

П-105.04.10.00.212

П – институт; **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**.

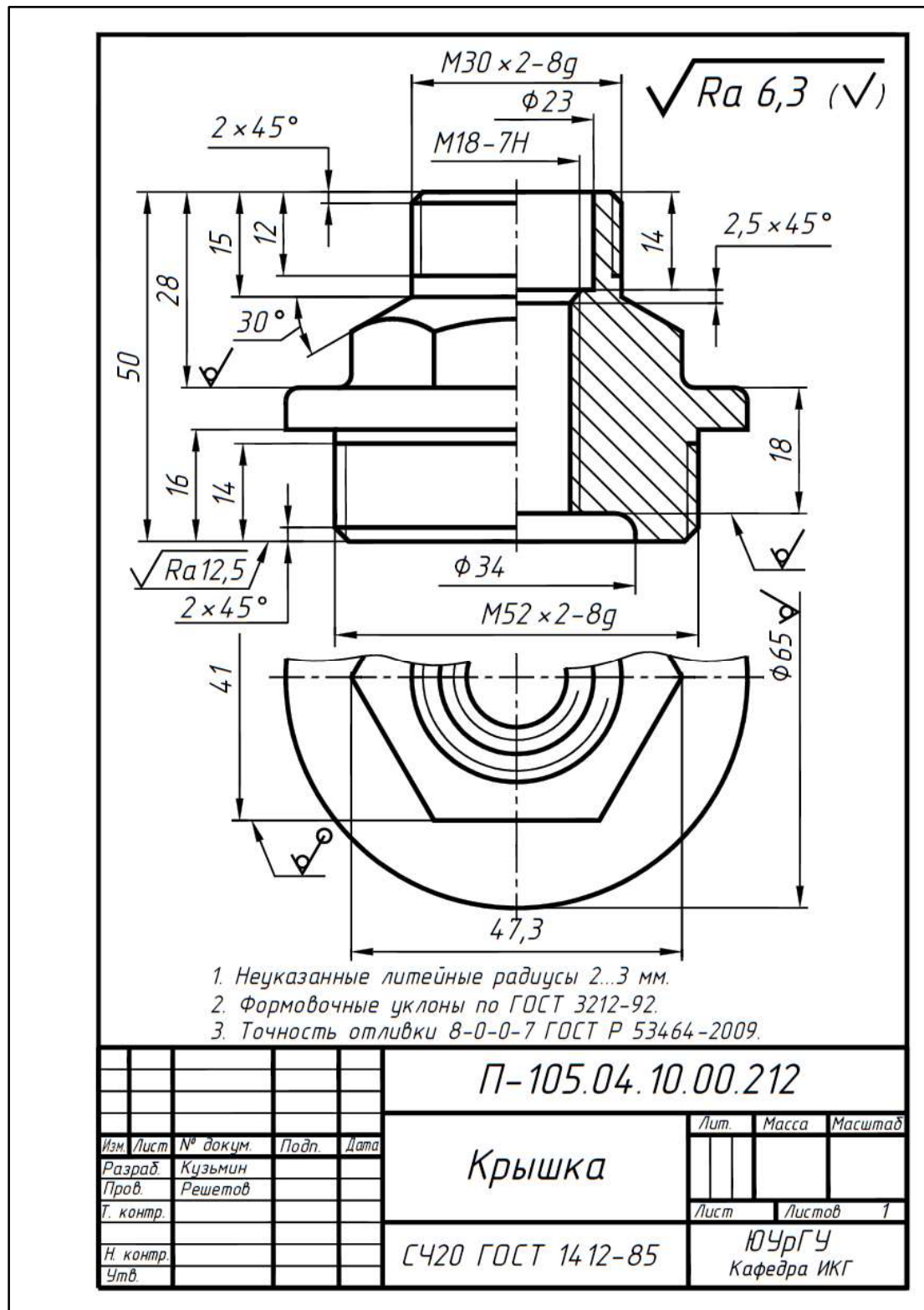


Рис. 113

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. Решетов, А.Л. Рабочая конструкторская документация: учебное пособие / А.Л. Решетов; Л.И. Хмарова; Е.А. Усманова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – 168 с.
8. ГОСТ 2402-68 ЕСКД. Условные изображения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач. Введен 01.01.71. – М., 1978.
9. ГОСТ 2403-75. Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес. Введен 01.01.81. – М., 1981.
10. Бабулин, Н.А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. / Н.А. Бабулин. – М.: Высшая школа, 1987.
11. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введен 01.01.83. – М., 1984.
12. Решетов, А.Л. Справочное руководство к заданиям по машиностроительному черчению: учебное пособие / А.Л. Решетов; Л.И. Хмарова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 139 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 (с. 121) 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.

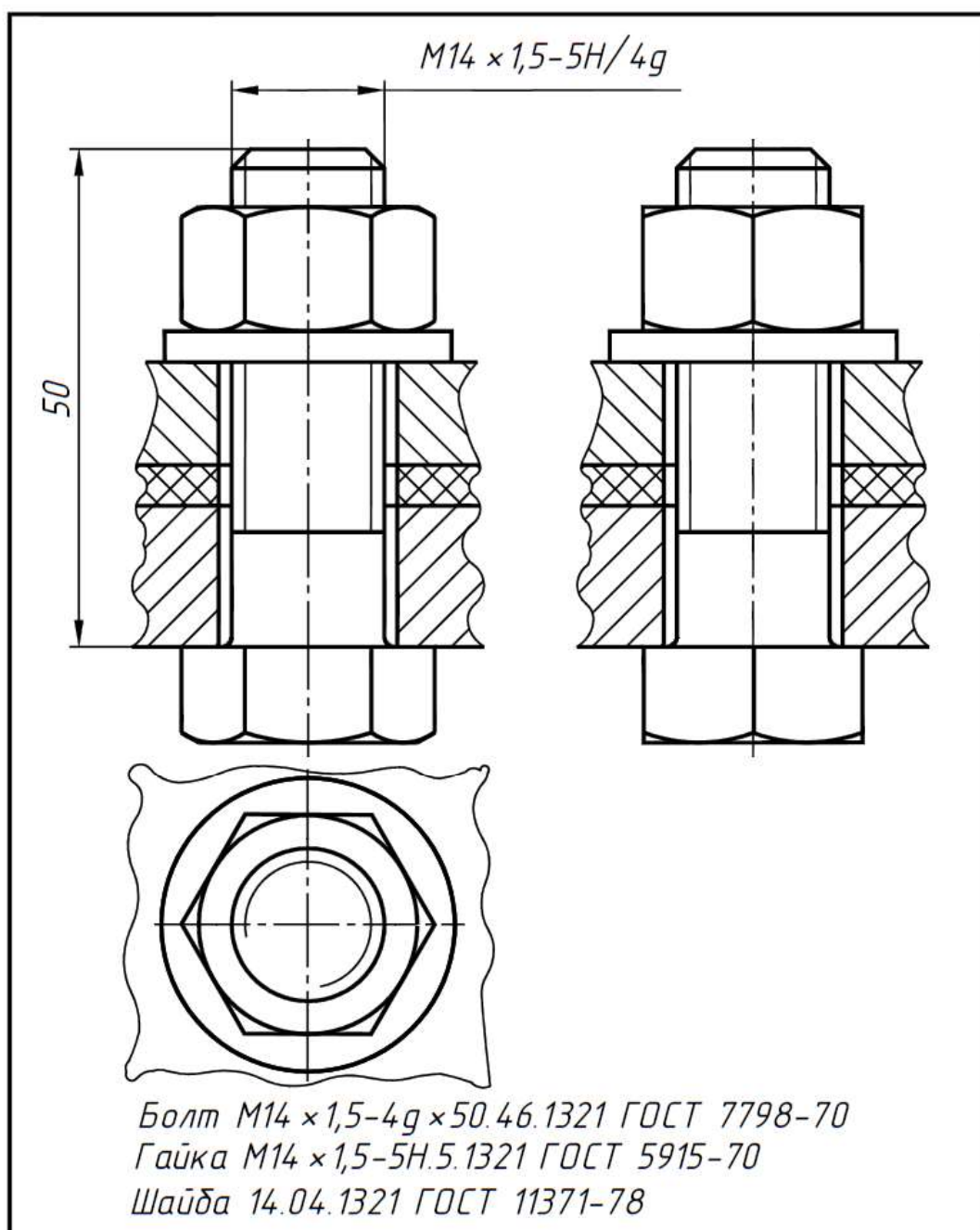
Приложение 2 (с. 124) содержит контрольные вопросы, задаваемые при защите выполненных заданий по машиностроительному черчению и ответы на них.

ЮУрГУ
Кафедра инженерной
и компьютерной графики

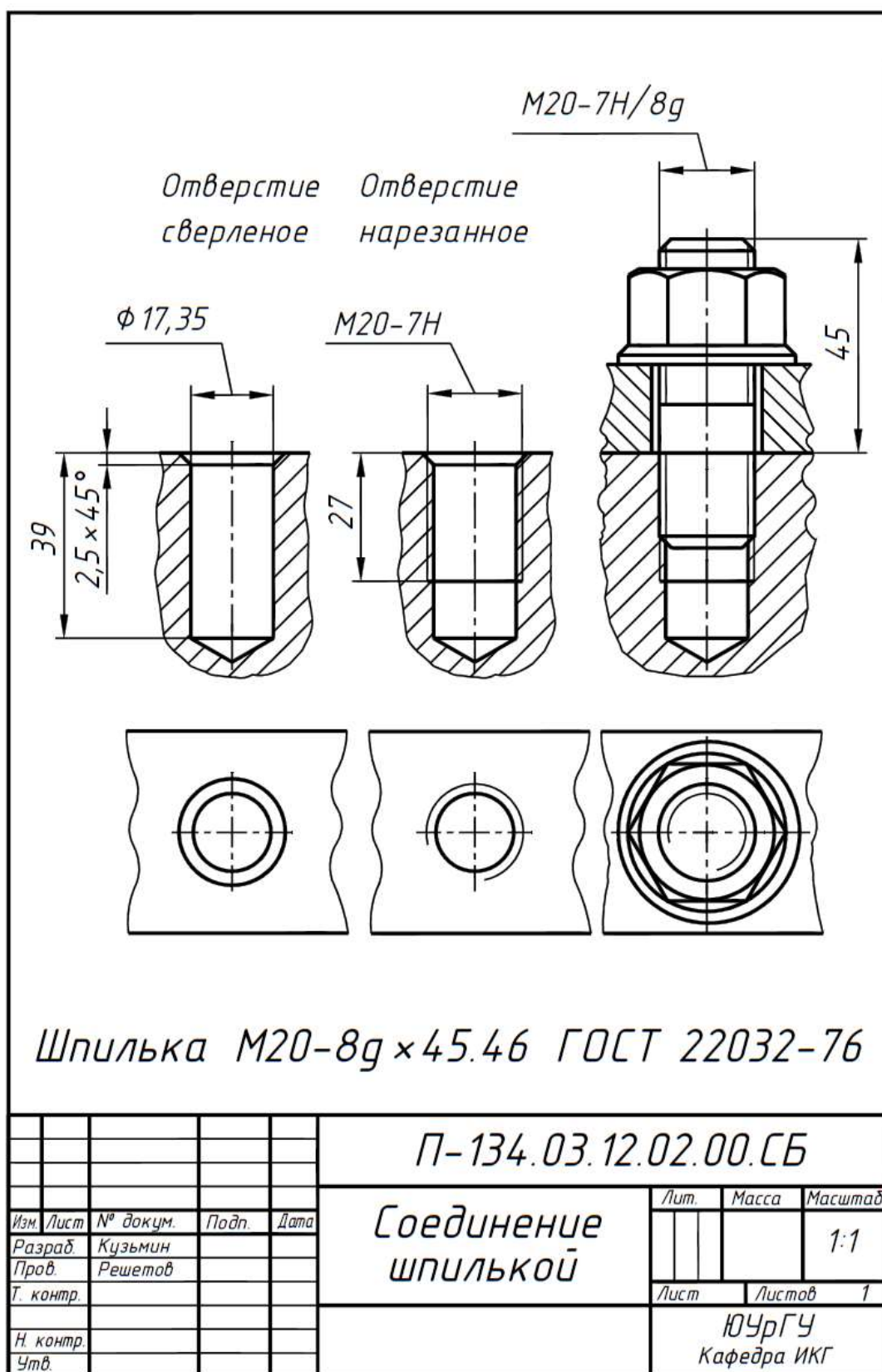
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА
Задание №3
Машиностроительное черчение
КРЕПЁЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ. СОЕДИНЕНИЯ
РЕЗЬБОВЫЕ
Вариант №12
Группа П-134

<i>Выполнил</i>	<i>Кузьмин В.</i>
<i>Проверил</i>	<i>Решетов А.</i>

Челябинск 2021



П-134.03.12.01.00.СБ					Лит.			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Соединение болтовое			2:1	1
Разраб.	Кузьмин								
Пров.	Решетов								
Т. контр.									
Н. контр.					ЮУрГУ Кафедра ИКГ			1	
Утв.									



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 резбонарезающий 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° . 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 крепёжных соединений?

Метрическая резьба является основным типом крепёжной 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 **М**.

Какой тип резьбы используется для трубных соединений?

Резьбу трубную цилиндрическую применяют на водогазопроводных 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 сбега 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 сбега.

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	$M12-8g$,
	внутренней	$M12-7H$,
с мелким шагом:	наружной	$M12 \times 1,25-8g$,
	внутренней	$M12 \times 1,25-7H$,
левой резьбы:	наружной	$M12 LH-8g$,
	внутренней	$M12 LH-7H$.

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*, *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" (≈ 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 ℓ между крайними отчетливо видимыми рисками и подсчитывается число n шагов на длине ℓ (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 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 11738-84).

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

Длина ℓ_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 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×60.109.40X.016 ГОСТ 7798–70.

Можно ли гайку *M16-7H.5* навернуть на болт *M16x1,5-8gx50.48*?

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 Р 2.106-2019.

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

В графе «Обозначение» указывают обозначение составной части сборочной единицы, например: *П-105.03.12.01.003*, где *П* – институт; *105* – номер группы; *03* – номер задания; *12* – номер варианта; *01* – номер узла; *003* – номер детали.

В разделе «Стандартные изделия» графу «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 π 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 проставляют.

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. **Запрещены к использованию** следующие буквы русского алфавита: **Ё, З, Й, О, Ч, Х, Ъ, Ы, Ь** (ГОСТ 2.316-2008).

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 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.

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).