

7.5. Разъемные соединения

7.5.1. Резьбовые соединения

7.5.1.1. Общие сведения о резьбе

Резьбой называется винтовая поверхность на стержне или в отверстии детали. Резьба образуется при винтовом движении плоского контура, задающего профиль резьбы, расположенного в одной плоскости с осью поверхности вращения (осью резьбы).

Резьбу, образованную движением одного профиля, называют *однозаходной*, образованную движением двух, трех одинаковых профилей - *многозаходной*.

По направлению винтовой поверхности резьбу разделяют на *левую* и *правую*.

Резьба применяется как средство соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин, механизмов, приборов и т.д.

Резьба может быть образована на *цилиндрической* или *конической* поверхности. Резьбу, образованную на наружной поверхности (на стержне), называют *наружной*, на внутренней поверхности (в отверстии) – *внутренней*.

Основными параметрами (размерами) резьбы являются: наружный диаметр d , внутренний диаметр d_1 , шаг P , угол профиля α (рис. 45).

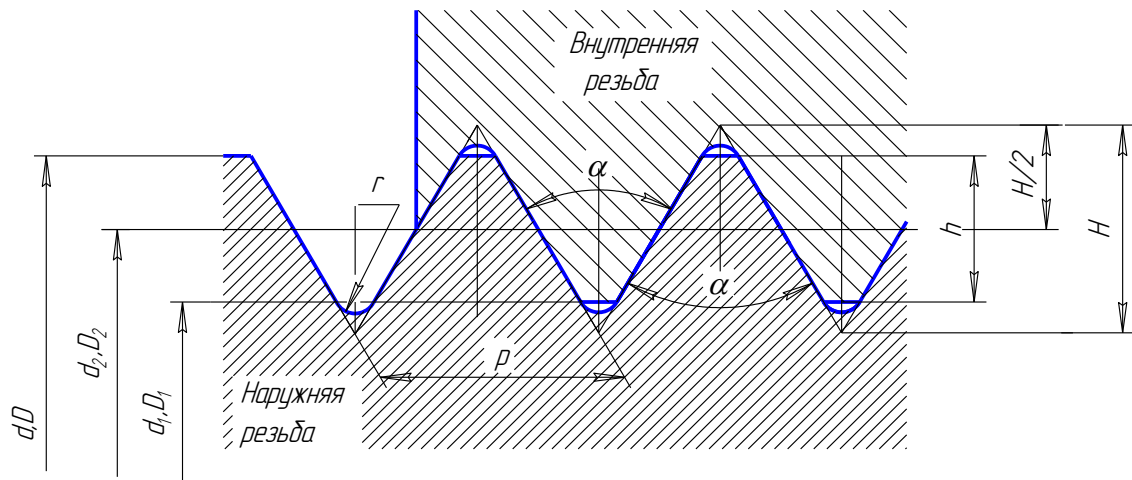


Рис.45. Параметры резьбы

За *наружный диаметр d* резьбы принимают диаметр выступов наружной резьбы, а за *внутренний d_1* – диаметр впадин.

Шагом P резьбы называется расстояние между двумя смежными витками.

Ход резьбы – расстояние, измеренное вдоль оси резьбы между ближайшими боковыми сторонами профиля. У однозаходной резьбы ход равен шагу, у многозаходной резьбы ход равен шагу, умноженному на число заходов $n(t=nP)$.

Углом профиля α называется угол между боковыми сторонами профиля.

Тип резьбы определяется профилем сечения витка осевой плоскостью. В зависимости от формы профиля резьбу называют *треугольной, трапецидальной, круглой, прямоугольной* (табл. 2). Профили резьбы, за исключением прямоугольного, стандартизированы.

Специальная резьба – это резьбы со стандартным профилем, но отличающаяся от стандартной размером диаметра или шага резьбы. На рис. 46 – **длина резьбы l** , длина резьбы с полным профилем l_1 . **Сбег резьбы l_3** – участок неполного профиля в зоне перехода резьбы в гладкую часть предмета. **Недовод резьбы l_4** – величина ненарезанной части поверхности между концом сбega и опорной поверхностью детали. **Недорез резьбы l_2** включает в себя **сбег** и **недовод** резьбы. Чтобы устранить сбег или **недорез** резьбы, выполняют **проточку b** . Чтобы облегчить ввинчивание резьбового стержня, на конце резьбы выполняют коническую фаску с под углом 45° .

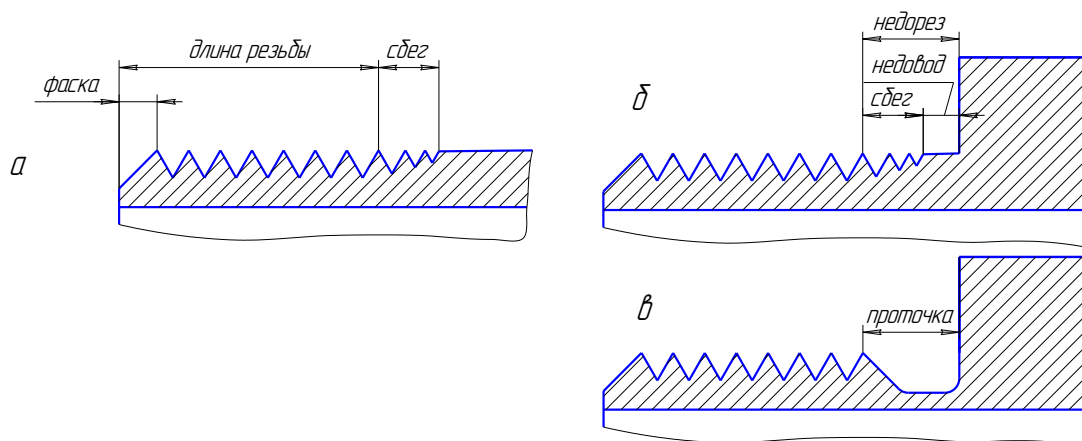


Рис.46. Элементы резьбы

Изображение резьбы

Построение точного изображения резьбы требует большой затраты времени и усложняет работу по выполнению чертежей. Поэтому на технических чертежах резьбу изображают условно, согласно ГОСТ 2.211-68 и ГОСТ 2.317-69.

На **стержне** резьбу изображают сплошными основными толстыми линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру, которые должны пересекать границу фаски. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $\frac{3}{4}$ окружности и разомкнутую в любом месте (рис.47а).

В **отверстии** резьбу изображают сплошными основными толстыми линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими по наружному. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят тонкой линией дугу, приблизительно равную $\frac{3}{4}$ окружности, разомкнутую в любом месте (рис.47б).

Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы. Штрихов-

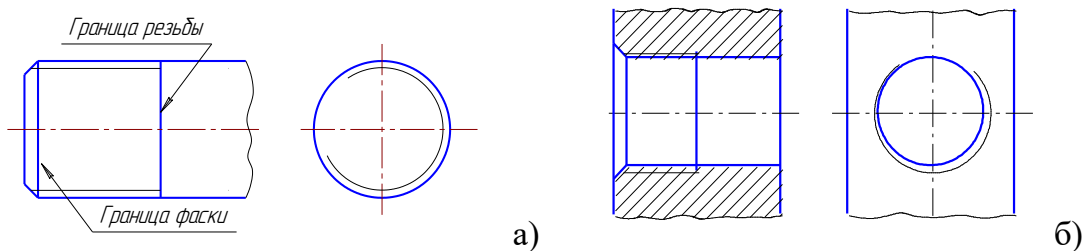


Рис.47. Изображение резьбы на стержне и в отверстии

ку в разрезах следует доводить до сплошных основных толстых линий. Границу нарезки резьбы изображают сплошной основной толстой линией. Фаски на стержнях и в отверстиях с резьбой в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают.

При изображении **резьбового соединения** в разрезе резьбу по длине соединения изображают по правилу изображения резьбы на стержне. Часть резьбы в отверстии, не закрытую стержнем, изображают по правилу изображения резьбы в отверстии (рис. 48).

Обозначение резьбы

Тип резьбы и основные параметры указывают на чертежах особой надписью, называемой обозначением резьбы. Для каждого типа резьбы стандартами установлены свои обозначения (табл.3).

Обозначения резьбы наносятся над размерной линией, проводимой около изображения резьбы между выносными линиями. Размеры линии для обозначения резьбы на цилиндрических стержнях и в отверстиях всегда относят к наружному диаметру резьбы (рис.49).

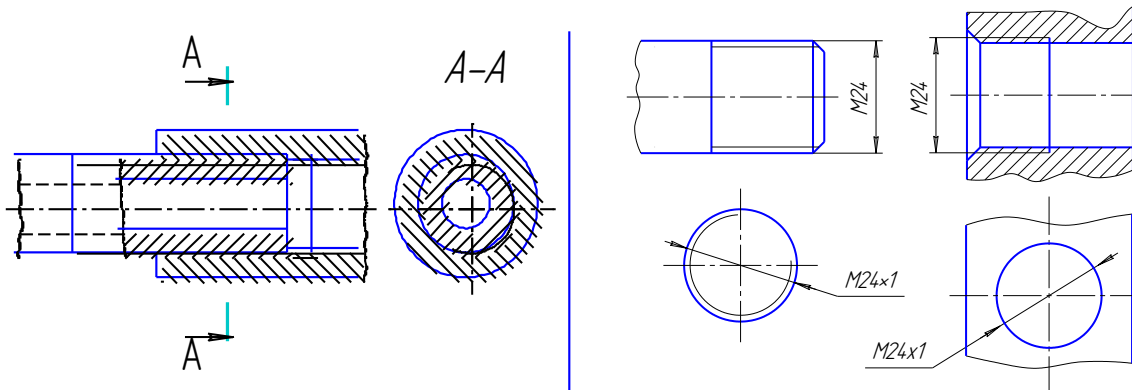


Рис. 48. Изображение резьбового соединения


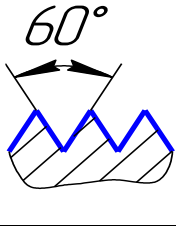
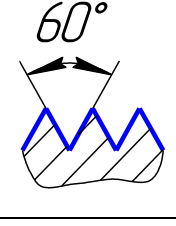
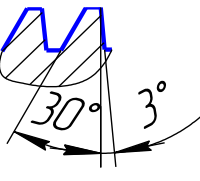
Рис.49. Обозначение метрической резьбы

Для большинства разъемных соединений деталей, когда скрепленные детали не перемещаются относительно друг друга, а также в крепежных резьбовых изделиях применяется метрическая резьба, которая имеет треугольный профиль с углом, равным 60°.

Таблица 3

Типы резьбы

Тип резьбы	Профиль	ГОСТ	Числовое значение	Примечание
Метрическая с крупным шагом		ГОСТ 9150-81	M 32 M32 LH	Для разъемных соединений, когда

Метрическая с мелким шагом		ГОСТ 24705-81 ГОСТ 8724-81	М 20x1,5 М 20x1,5 LN	скрепленные детали не перемещаются относительно друг друга
Трубная цилиндрическая		ГОСТ 6357-81	G 2 G 3 LN	На водогазопроводных трубах, муфтах, угольниках, крестовинах, задвижках, клапанах
Коническая дюймовая		ГОСТ 6111-52	K3/4" ГОСТ 6111-52	В топливных, масляных и воздушных трубопроводах при невысоких давлениях
Метрическая коническая		ГОСТ 25229-82	МК 20x1,5	В соединениях с невысоким давлением
Трапецеидальная однозаходная		ГОСТ 9484-81 ГОСТ 24737-81 ГОСТ 24738-81	Tr 40x6 Tr 40x6LN	На винтах передающие возвратно-поступательное движение
Трапецеидальная многозаходная		ГОСТ 9434-81 ГОСТ 24713-81	Tr 40x9(P3)	
Упорная		ГОСТ 10177-82	S 80 20(P5)	На винтах, подверженных односторонним направленным усилиям

Стандартом предусматриваются метрические резьбы с *крупным шагом* (единственным для данного диаметра) и *мелкими шагами*, которых для данного диаметра резьбы может быть несколько. Например, для диаметра резьбы 24 мм крупный шаг всегда равен 3 мм, а мелкий может быть 2; 1,5; 1; 0,75 мм, поэтому крупный шаг в обозначении резьбы не указывают, а мелкий указывают обязательно (см. рис. 49). Диаметры и шаги метрической резьбы установлены ГОСТ 8724-81.

Для нестандартной прямоугольной резьбы размеры наносят как показано на рис. 50 а, б, в.

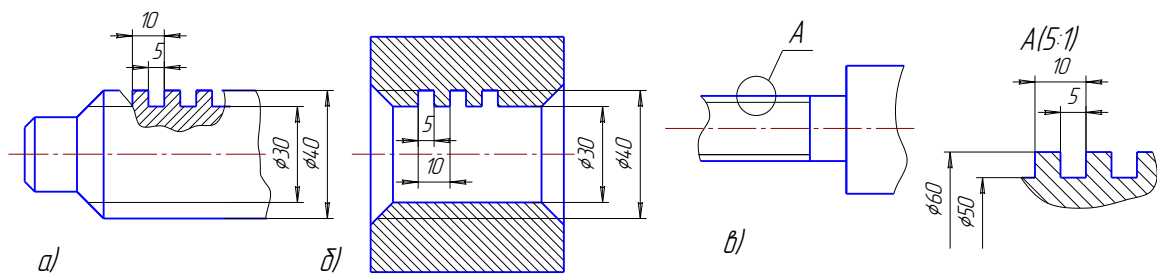


Рис. 50. Изображение прямоугольной резьбы

7.5.1.2. Болтовое соединение

Болтовое соединение применяется для скрепления двух и более деталей и представляет собой сборочную единицу, состоящую из скрепляемых деталей, болта, гайки и шайбы .

Болт представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на одном конце и головкой на другом. Существуют различные типы болтов, отличающиеся друг от друга по форме головки, шагу резьбы и исполнению. За длину болта принимают расстояние от опорной плоскости головки болта до торца стержня.

Гайка имеет резьбовое отверстие для навинчивания на стержень болта или шпильки с такой же резьбой. Чаще всего применяют шестигранные гайки двух исполнений: исполнение 1 – с двумя коническими фасками по наружной поверхности, исполнение 2 – с одной фаской.

Шайбы подкладывают под гайки или под головки болтов и винтов для предохранения поверхности соединяемых деталей от повреждения и самоотвинчивания гаек.

Болтовое соединение рассчитывается и вычерчивается по приводимым формулам в соответствии с чертежом (рис. 51).

Исходными данными для вычерчивания болтового соединения являются величина наружного диаметра резьбы d и толщины соединяемых деталей b_1 и b_2 в миллиметрах.

Длина болта $l_{\text{расч}}$ подсчитывается по формуле

$$l_{\text{расч}} = b_1 + b_2 + S + H + K,$$

где b_1 , b_2 – толщины соединяемых деталей;

S – толщина шайбы;

H – высота гайки;

K – запас резьбы на выходе из гайки.

Например, для болта с резьбой М30 при толщинах соединяемых деталей $b_1 = 28$ и $b_2 = 20$

$$l_{\text{расч}} = 28 + 20 + 4,5 + 24 + 12 = 88,5.$$

Обычно эту величину сравнивают со стандартными длинами болтов по ГОСТ 7798-70 и выбирают длину болта 90, как ближайшую большую к подсчитанной величине. Длины болтов более 40 мм кратны 5.

Длину нарезанной части стержня болта l_0 условно принимают равной $2d$.

Порядок вычерчивания болтового соединения

1. На плоскости, перпендикулярной оси болта, строят вспомогательную окружность радиусом $D/2$ ($D = 2d$) и вписывают в неё правильный шестиугольник.

2. Вписывают окружность, касательную к сторонам шестиугольника, которая, пересекаясь с осью симметрии, определяет проекции точек 1 и 2. Проводят на этой же плоскости окружность заданного диаметра d и $3/4$ дуги окружности, соответствующую внутреннему диаметру резьбы болта $d_1 = 0,85d$. Там же проводят окружность, соответствующую наружному диаметру шайбы $D_{ш} = 2,2d$. 3. Строят фронтальный разрез и вид слева, исходя из следующего: высота головки болта $h = 0,7d$, высота гайки $H = 0,8d$, радиус дуг для средней грани гайки и головки болта $R = 1,5d$.

Для определения радиуса r дуг боковых граней необходимо продолжить дуги средней грани до их пересечения с крайними ребрами боковых граней и провести линию, перпендикулярную к оси болта, до пересечения ее с линией, делящей боковую грань пополам.

4. Определяют на главном виде проекции 1' точек 1 (на гайке и головке болта) под углом 30° , через точки 1 проводят фронтальные проекции контура фаски.

Радиус скругления гайки и головки болта на виде слева $R_1 = d$.

Болт, гайка и шайба, попадающие в продольный разрез плоскостью, проходящей через ось болта, условно изображаются неразрезанными.

Соединяемые детали в разрезе штрихуются в разные стороны. Плотность (частота) и направление штриховки для одной и той же детали должны быть одинаковыми на всех изображениях.

Примеры условного обозначения крепежных деталей на учебных чертежах

1. Болт с диаметром резьбы $d = 12$ мм, длиной 60 мм с крупным шагом резьбы обозначается так: болт **М 12х60 ГОСТ 7798-70**. То же, с мелким шагом резьбы: болт **М 12х1,25х60 ГОСТ 7798-70**.

2. Гайка с диаметром резьбы $d = 12$ мм, исполнения 1 с крупным шагом резьбы: гайка **М 12 ГОСТ 5915-70**. То же, с мелким шагом резьбы, исполнения 2: гайка **2 М 12х1,25 ГОСТ 5915-70**.

3. Шайба круглая, диаметр резьбы стержня болта (шпильки, винта) 20 мм, исполнение 1: шайба **20 ГОСТ 11371-78**.

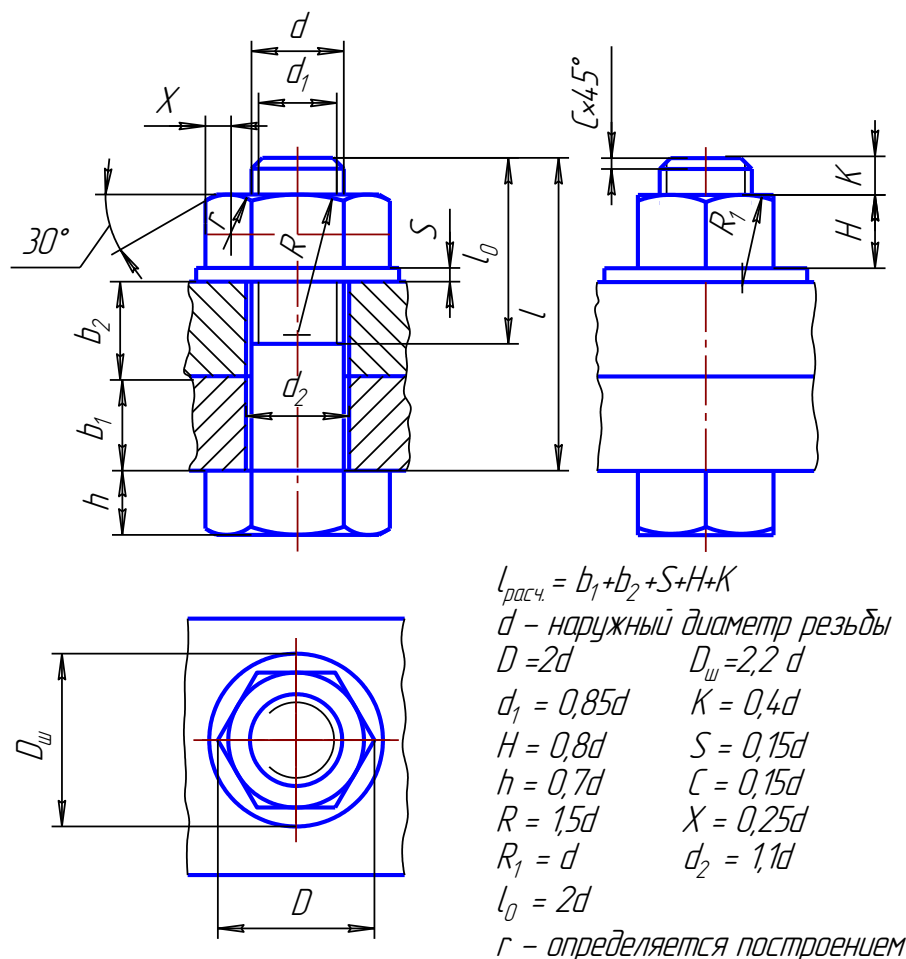


Рис. 51. Болтовое соединение

7.5.1.3. Шпильчное соединение

Шпилька представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах.

В шпильчное соединение входят: шпилька, гайка, шайба и соединяемые детали. Изображение шпильчного соединения складывается из изображений вышеперечисленных деталей и выполняется по тем же правилам, что и болтовое соединение (рис.52).

При соединении деталей шпилька одним концом l_1 ввинчивается в резьбовое отверстие детали. Длина ввинчиваемого конца l_1 зависит от материала детали, в которой выполнено резьбовое отверстие:

$l_1 = d$ (сталь, бронза, латунь, сплавы титана), ГОСТ 22032-76;

$l_1 = 1,25d$ (серый и ковкий чугун), ГОСТ 22034-76;

$l_1 = 2d$ (легкие сплавы), ГОСТ 22038-76.

На резьбу гаечного конца l_0 навинчивается гайка.

Длина шпильки l (без ввинчиваемого конца) определяется аналогично длине болта: $l_{расч} = b + S + H + K$,

где b – толщина скрепляемой детали,

S – толщина шайбы,

H – высота гайки,

K – запас резьбы на выходе из гайки.

Полученную величину сравнивают со стандартными значениями длин шпилек и выбирают длину, ближайшую к расчетной.

Длину нарезанной части гаечного конца берут равной (см. рис. 52).

$$l_0 = S + H + K + 0,5d$$

Пример упрощенного, условного обозначения шпильки с диаметром резьбы $d = 16$ мм, крупным шагом $P = 2$, длиной $l = 120$ мм, ввинчиваемой в стальное резьбовое отверстие: шпилька **М 16x120 ГОСТ 22032-76**.

То же, с мелким шагом $p = 1,5$ мм: шпилька **М 16x1,5x120 ГОСТ 22032-76**.

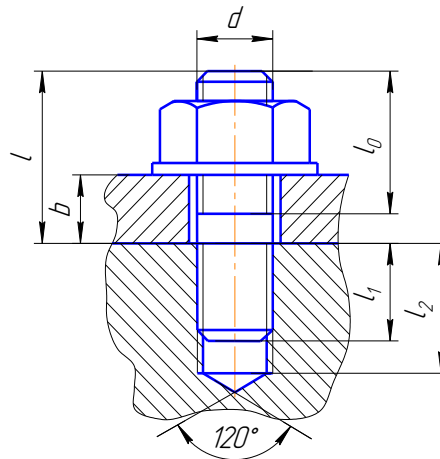


Рис.52. Элементы шпильчного соединения

7.5.1.4. Винтовое соединение

Винтовое соединение аналогично соединению шпилькой: винт завинчивается в одну из скрепляемых деталей (рис.52).

На учебных чертежах рекомендуется вычерчивать соединения по размерам, определяемым в зависимости от наружного диаметра резьбы d .

l – длина винта; $l = b + l_1$;

l_1 – длина ввинчиваемого резьбового конца; $l_1 = 2d$;

l_0 – длина нарезанной части винта; $l_0 = 2d$.

Наибольшее распространение в машиностроении имеют крепежные винты для металлов, которые изготовляют с цилиндрической - ГОСТ 1491-80 (рис.53а), полукруглой - ГОСТ 17473-80 (рис.53б) и потайной ГОСТ 17475-80 (рис.53в) головками.

Примеры условных обозначений винтов

1. Винт с цилиндрической головкой, диаметр резьбы 20 мм, шаг резьбы мелкий 1,5 мм, длина винта 80 мм (l – длина винта без головки), ГОСТ 1491-80: **винт М20x1,5x80 ГОСТ 1491-80**.

2. Винт с потайной головкой, диаметр резьбы 12 мм, шаг резьбы крупный, длина винта 50 мм (для винтов с потайной головкой длина включает длину стержня и высоту головки), ГОСТ 17475-80: **винт М 12х50 ГОСТ 17475-80.**

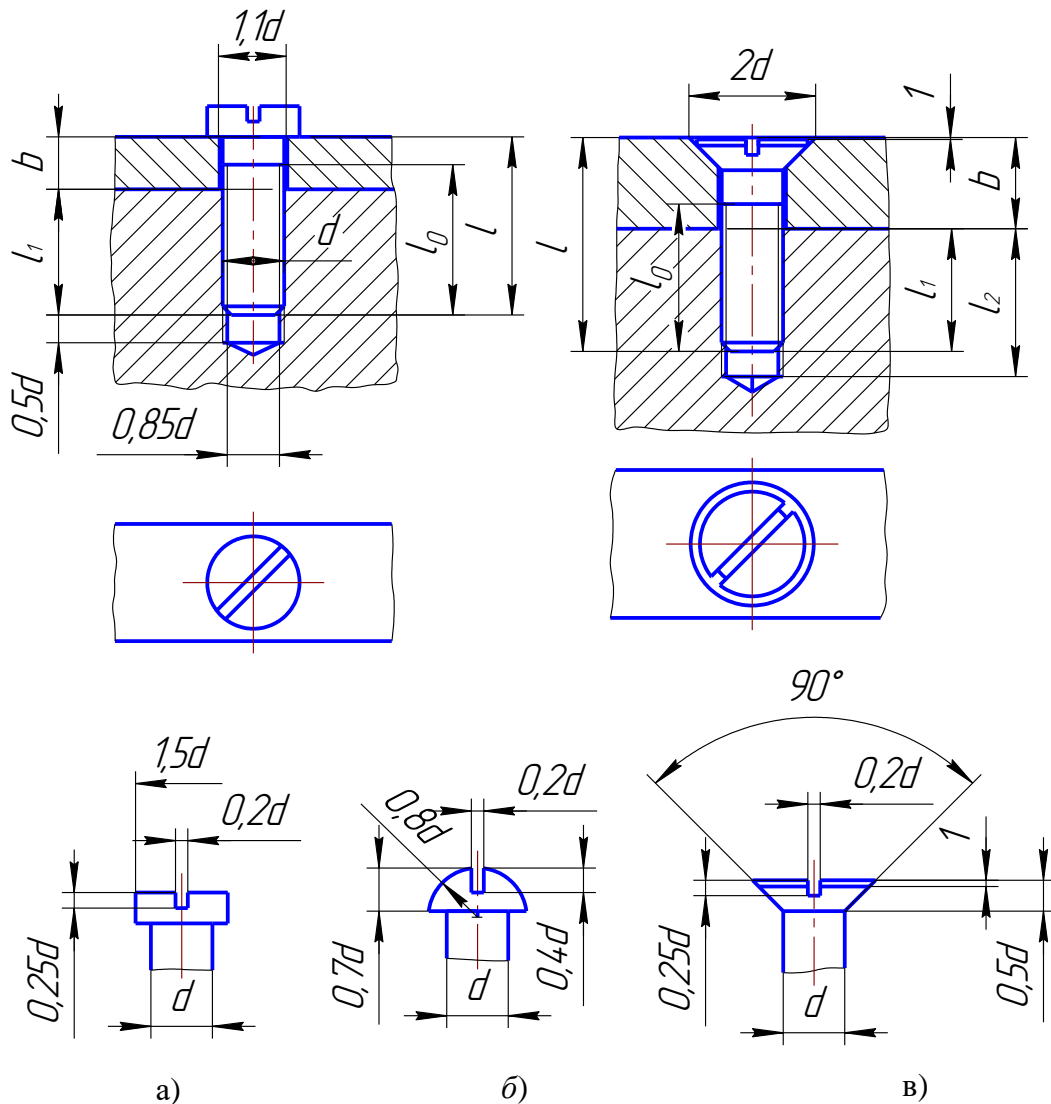


Рис. 53. Винтовое соединение

7.5.2. Шпоночные соединения

Шпоночное соединение состоит, как правило, из вала, зубчатого колеса (или шкива) и шпонки. Наиболее распространенными являются шпонки призматические и сегментные (рис.54, 55).

Передача крутящего момента осуществляется боковыми гранями шпонки. Между пазом ступицы и верхней гранью шпонки имеется небольшой зазор $S = 2b$, где b – толщина сплошной основной линии. Длина призматической шпонки обычно меньше длины ступицы на 8–10 мм. Шпонки в продольном разрезе показывают незаштрихованными.

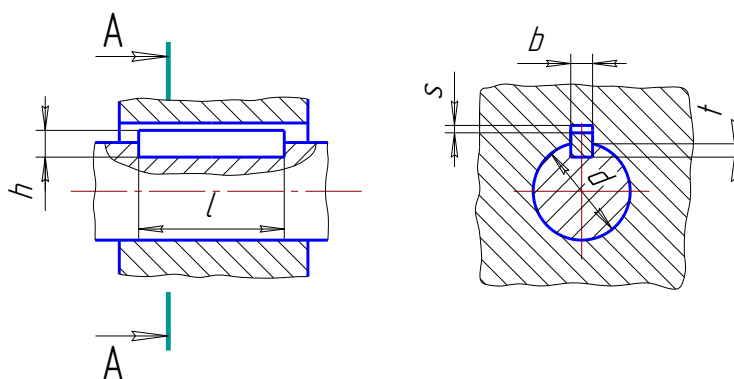


Рис.54. Шпонка призматическая (ГОСТ 23360-78)

Примеры условных обозначений шпонок

1. Шпонка призматическая с размерами: $b = 18$ мм, $h = 11$ мм, $l = 100$ мм:
шпонка **18x11x100 ГОСТ 23360-78**.

2. Шпонка сегментная с размерами: $b = 6$ мм, $h / l = 10$ мм:
шпонка **6x10 ГОСТ 24071-80**.

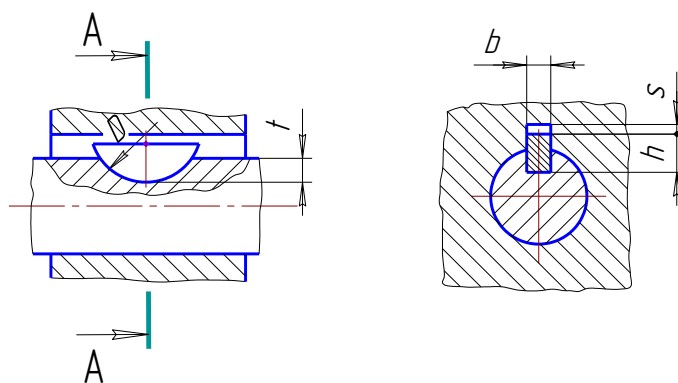


Рис. 55. Шпонка сегментная (ГОСТ 24071-80)

7.5.3. Шлицевые соединения

Зубчатое (шлицевое) соединение – соединение вала и втулки, осуществляемое с помощью зубьев (шлицев) и впадин (пазов), выполненных на валу и в отверстии втулки. Зубчатое соединение обладает большей прочностью по сравнению со шпоночным, передает большие крутящие моменты, обеспечивает хорошее центрирование и легкость перемещения деталей вдоль оси вала. Стандартизированы соединения с прямобочным и эвольвентным профилем зубьев. Наиболее широко применяют первое соединение.

Размеры прямобочных шлицевых соединений установлены ГОСТ 1139-80. Основные параметры: число зубьев z , внутренний диаметр d , наружный диаметр D , ширина зуба b .

Поверхности зубьев вала и втулки могут соприкасаться (центрироваться) по внешнему диаметру D (с зазором по внутреннему диаметру, рис. 56, а), по внутреннему диаметру d (с зазором по наружному диаметру, рис.56, б) и боковыми сторонами зубьев (с зазором по наружному и внутреннему диаметрам, рис. 56, в). Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев вала показывают на

всем протяжении сплошными толстыми основными линиями (рис.57). Окружности и образующие поверхностей впадин на изображениях зубчатого вала показывают сплошными тонкими линиями. Сплошная тонкая линия поверхности впадин на проекции вала на плоскость, параллельную его оси, должна пересекать линию границы фаски. Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом показывают сплошной тонкой линией

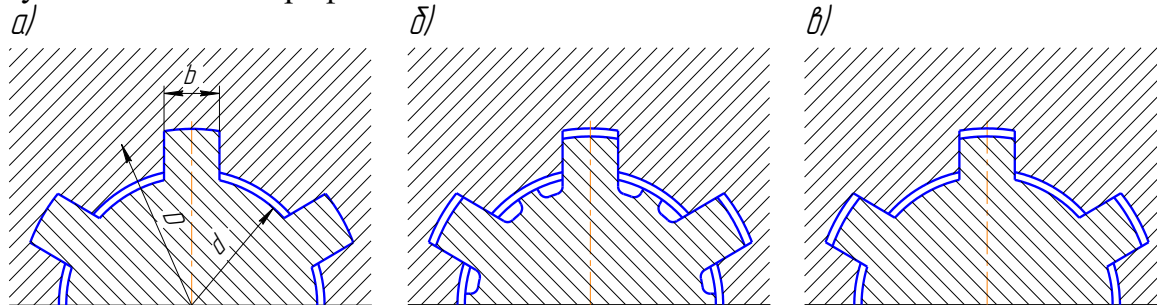


Рис. 56. Условные изображения зубчатых валов по ГОСТ 2.409–74*

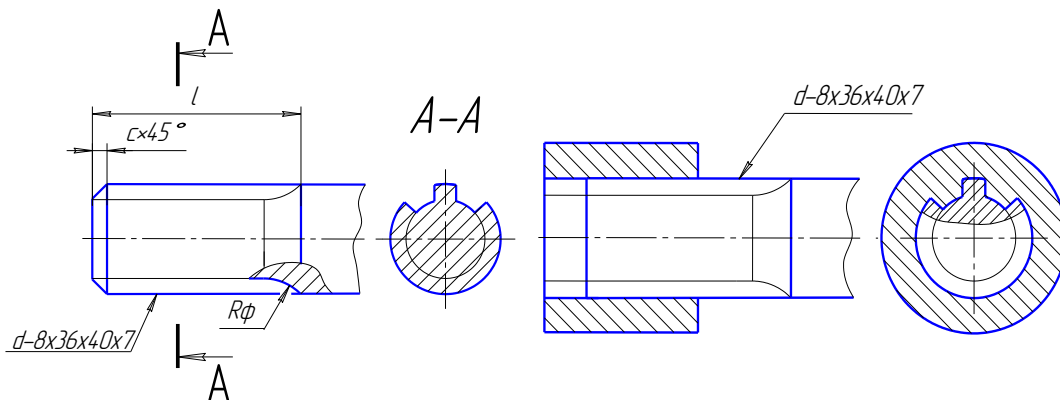


Рис. 57. Чертеж шлицевого вала

Рис. 58. Изображение шлицевого соединения на сборочном чертеже

Правила выполнения чертежей зубчатых валов по ГОСТ 2.409–74*. Чертежи зубчатых валов шлицевых соединений выполняются в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. На рис.57 приведен чертеж зубчатого вала с прямоугольным профилем зубьев. На изображении вала, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси, указывают длину l_1 зубьев полного профиля до сбегом, радиус инструмента (фрезы) R_ϕ , а также основные параметры шлицевого соединения: $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$, где d – вид центрирования; 8 – число зубьев; 36 – внутренний диаметр; 40 – наружный диаметр; 7 – ширина зуба. На сборочном чертеже ограничиваются указанием вида центрирования, числа зубьев, размеров внутреннего и наружного диаметров и ширины зуба: $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$ (рис. 58).

8. КУРСОВАЯ РАБОТА

Резьбовые соединения

Задание. Вычертить:

1) изображение болтового соединения - болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей – в соответствии с параграфом **7.5.1.2.** по вариантам, приведенным в табл. 5;

2) упрощенное изображение болтового соединения - болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей;

3) соединение шпилькой, руководствуясь параграфом **7.5.1.3.** по вариантам, приведенным в табл. 6а;

4) соединение винтом, руководствуясь параграфом **7.5.1.4.** по вариантам, приведенным в табл. 7.

Чертежи выполняются карандашом на листе формата А3. Размеры изображаемых деталей указать только те, которые даны на рис.62. Надписать соответствующие условные обозначения деталей соединения, как это сделано на рис. 60.

При выполнении упрощенного изображения болтового соединения руководствоваться рис.62. Строя изображения шестигранных гаек и головок болтов, надо понять, что дуги кривых на гранях являются дугами гипербол и что они могут быть построены по правилам начертательной геометрии, но их, как правило, заменяют на изображениях дугами окружностей (см. рис.51).

Таблица 5

Варианты болтового соединения к работе

№ варианта	Резьба	Толщина соединяемых деталей	Исполнение			ГОСТ		
			болта	гайки	шайбы	болта	гайки	шайбы
1, 11, 21	М 16	30, 30	1	1	1	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
2, 12, 22	М 18 x 1,5	25, 25	1	2	1	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
3, 13, 23	М 20	25, 30	1	1	2	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
4, 14, 24	М 16 x 1,5	35, 25	1	2	2	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
5, 15, 25	М 18	30, 35	1	1	1	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
6, 16, 26	М 20 x 1,5	25,35	1	2	1	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
7, 17, 27	М 16	25, 25	1	1	2	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
8, 18, 28	М 18 x 1,5	25, 30	1	2	2	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
9, 19, 29	М 20	35, 25	1	1	1	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68
10,20, 30	М 18 x 2	30, 35	1	2	1	7798 - 70	5915 - 70	11371 – 68

Варианты шпилечного соединения к работе

№ варианта	Резьба	Толщина присоединяемой детали	ГОСТ
1, 11, 21	M18 x 1,5	20	17473-80
2, 12, 22	M16	25	17475-80
3, 13, 23	M14 x 1,5	15	1491-80
4, 14, 24	M12	20	17473-80
5, 15, 25	M18 x 2	20	17475-80
6, 16, 26	M16 x 1,5	15	1491-80
7, 17, 27	M14	20	17473-80
8, 18, 28	M12 x 1	25	17475-80
9, 19, 29	M18	15	1491-80
10, 20,30	M16	20	17473-80

Варианты винтового соединения к работе

№ варианта	Резьба	Толщина присоединяемой детали	ГОСТ				
			гайки	шайбы	шпильки	гайки	Шайбы
1, 11, 21	M 16 x 1,5	50	1	2	22038 - 76	5915 - 70	11371 – 68
2, 12, 22	M 18	55	1	1	22034 - 76	5915 - 70	11371 – 68
3, 13, 23	M 20 x 1,5	45	2	2	22032 - 76	5915 - 70	11371 – 68
4, 14, 24	M 16	50	1	1	22038 - 76	5915 - 70	11371 – 68
5, 15, 25	M 18 x 1,5	55	2	2	22032 - 76	5915 - 70	11371 – 68
6, 16, 26	M 20	45	1	1	22034 - 76	5915 - 70	11371 – 68
7, 17, 27	M 16 x 1,5	50	1	2	22038 - 76	5915 - 70	11371 – 68
8, 18, 28	M 18	55	1	1	22032 - 76	5915 - 70	11371 – 68
9, 19, 29	M 20 x 1,5	45	2	2	22034 - 76	5915 - 70	11371 – 68
10, 20,30	M 16	50	2	2	22032 - 76	5915 - 70	11371 – 68

Вопросы для самопроверки

1. Что называется резьбой?
2. Чем определяется тип резьбы?
3. Назовите основные параметры резьбы.
4. Как изображается резьба на стержне и в отверстии?
5. Как условно обозначают метрическую резьбу с крупным и мелким шагом?
6. В чем состоит различие между понятиями «ход резьбы» и «шаг резьбы»?
7. Как отличить левую резьбу от правой (на изображении и в натуре)?
8. Что такое недорез резьбы? Из каких частей он состоит?
9. Пояснить эскизом правило: «Резьба стержня закрывает резьбу отверстия».
10. Нарисуйте профиль резьбы, обозначаемой символом «S».
11. В чем заключается особенность трубной резьбы?
12. Назовите крепежные стандартные детали.
13. Какой размер принимают за длину болта и шпильки?
14. Как условно обозначают болты, гайки, шайбы?
15. От чего зависит длина ввинчиваемого конца шпильки?
16. Расшифруйте условные обозначения:
 - болт М24х75 ГОСТ 7798-70,
 - гайка М12х1,25 ГОСТ 5915-70,
 - шайба 20 ГОСТ 11371-68,
 - шпилька М16х1,5х120 ГОСТ 22032-76.
17. Расшифруйте все составные элементы обозначения резьбового изделия:
Винт 2М12 х 1,25 х 50 ГОСТ 1491 - 72