

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Кафедра «Общие инженерные дисциплины»

ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

***Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ
по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика»***

для студентов очного и заочного обучения

по направлениям подготовки:

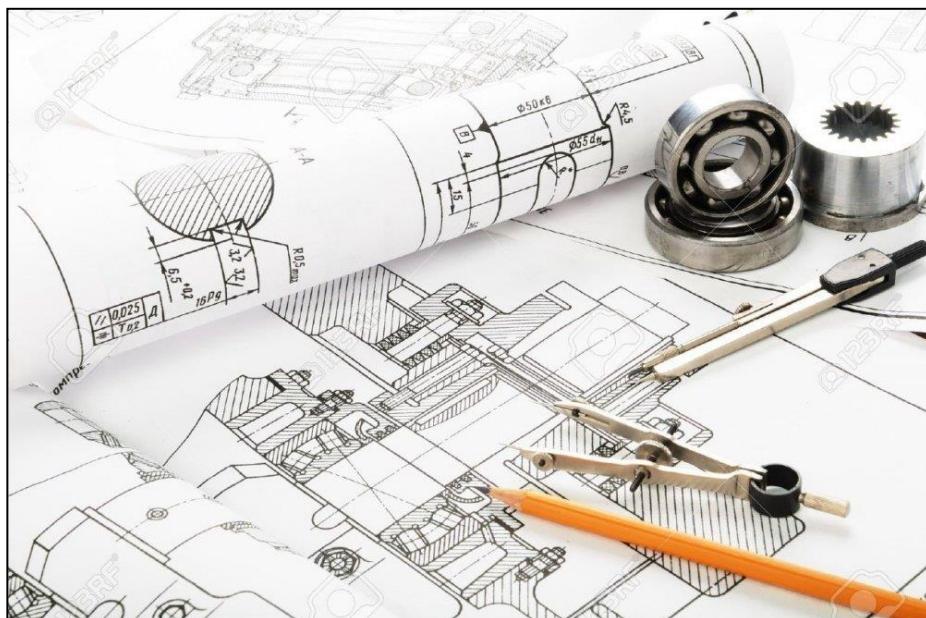
35.03.06 Агроинженерия,

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов,

20.03.01 Техносферная безопасность,

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства,

44.03.04 Профессиональное обучение



Казань - 2022

УДК 514.18

ББК 22.151.3

Составители: Салахов И.М., Пикмуллин Г.В., Вагизов Т.Н., Гургенидзе З.Д.

Рецензенты:

Зиннатуллина А.Н., к.т.н., доцент кафедры физики и математики ФГБОУ ВО Казанский ГАУ;

Галимова Н.Я., к.т.н., доцент кафедры «Машиноведения и инженерной графики» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Практикум утвержден и рекомендован к печати на заседании кафедры «Общиеинженерные дисциплины» ФГБОУ ВО Казанский ГАУ 22 ноября 2021 года (протокол № 5).

Практикум обсужден, одобрен и рекомендован к печати на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса ФГБОУ ВО Казанский ГАУ «23» декабря 2021 года (протокол № 5).

Салахов, И.М. Шпоночные и шлицевые соединения: Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» / И.М. Салахов, Г.В. Пикмуллин, Т.Н. Вагизов, З.Д. Гургенидзе. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 28 с.

В практикуме рассматриваются условные изображения и обозначения элементов шпоночных и шлицевых соединений на чертежах в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Содержатся указания и справочные данные, необходимые для выполнения самостоятельной графической работы по данной теме.

Практикум может быть использован студентами очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 35.03.06 Агроинженерия, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 20.03.01 Техносферная безопасность, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, 44.03.04 Профессиональное обучение.

УДК 514.18

ББК 22.151.3

© Казанский государственный аграрный университет, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ctp.

Введение	4
Общие сведения	5
Шпоночные соединения	5
Шлицевые соединения	8
Содержание и оформление графической работы	12
Примерные вопросы при защите графической работы	17
Вопросы для самостоятельного изучения	17
Список литературы	18
Приложение 1 – Соединения шпоночные с призматическими шпонками (по ГОСТ 23360-78)	20
Приложение 2 – Сегментные шпонки и шпоночные пазы (по ГОСТ 24071-97)	23
Приложение 3 – Соединения шлицевые прямобочные (по ГОСТ 1139-80)	26

ВВЕДЕНИЕ

Конструкция машин и механизмов состоит из различных деталей, которые соединяют между собой различными способами. В машиностроении под **соединением деталей машин** обычно понимают их связь, обеспечивающую определенное взаимное положение деталей в процессе работы.

Для сборки сборочных единиц используются различные виды соединений, которые можно разделить на две группы – *разъемные* и *неразъемные*.

Разъемные соединения – это соединения, сборка и разборка которых возможны без повреждений элементов этого соединения. Шпоночные и шлицевые соединения относятся к подвижным разъемным соединениям.

Неразъемные соединения – это соединения, при разборке которых происходит разрушение соединяемых или соединяющих деталей.

Для изображения на чертежах каждого вида соединения стандартами ЕСКД предусмотрены различные упрощения и условности.

При изучении данной темы студент должен ознакомится с видами соединений, овладеть навыками выполнения элементарных расчётов, грамотного выполнения чертежей и обозначения различных стандартных изделий и соединений.

Студенту следует изучить теоретический материал, представленный в данных методических указаниях и в рекомендованных литературных источниках. Полученные знания будут применены и закреплены практически при выполнении самостоятельной графической работы по данной теме.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Шпоночные и шлицевые соединения служат для передачи крутящего момента или для закрепления на валу (или оси) деталей (зубчатых колес, шкивов, муфт и т. п.).

Шпоночные соединения

В соединении шпонка частично заходит в паз на валу и частично – в паз на ступице, обеспечивая тем самым одновременное вращение вала и колеса. Шпоночное соединение состоит из вала, ступицы детали и шпонки (рисунок 1).

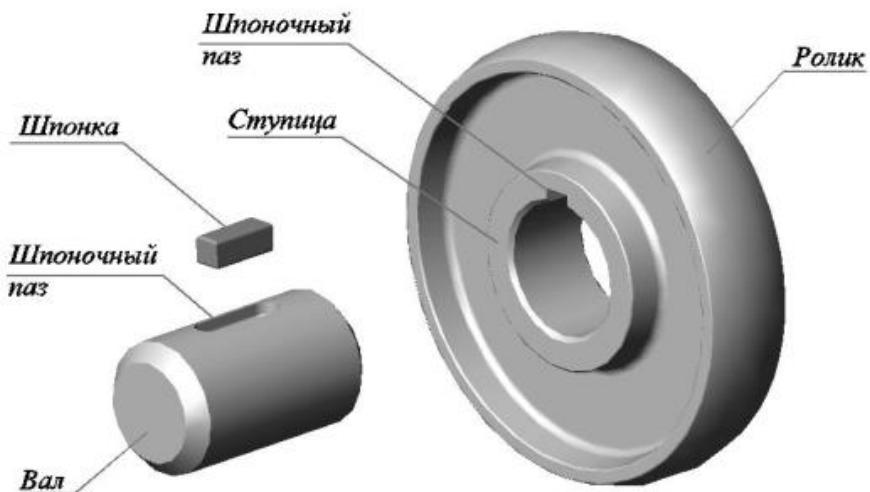


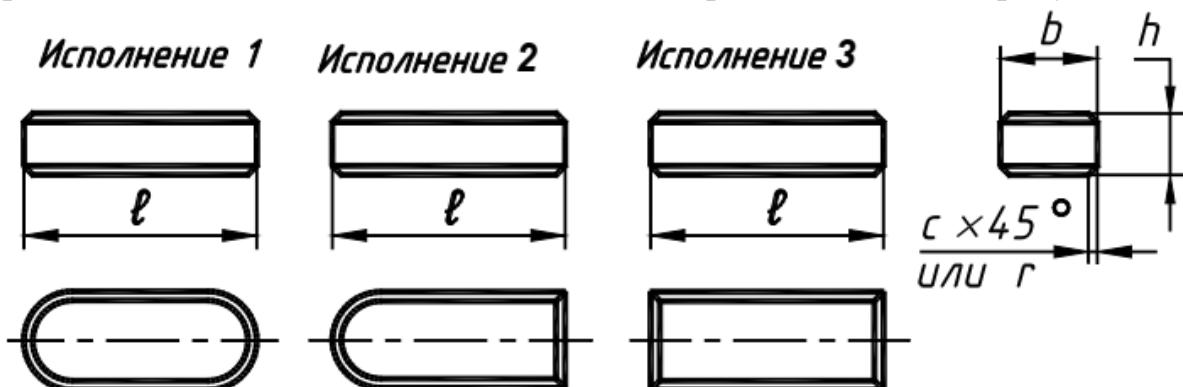
Рисунок 1 – Шпоночное соединение

В машиностроении применяются следующие типы шпонок общего назначения:

- 1) призматические (по ГОСТ 23360-78);
- 2) сегментные (по ГОСТ 24071-97);
- 3) клиновидные (по ГОСТ 24068 – 80).

Соединение призматической шпонкой (ГОСТ 23360-78)

Призматические шпонки изготавливаются в трех исполнениях (рисунок 2).



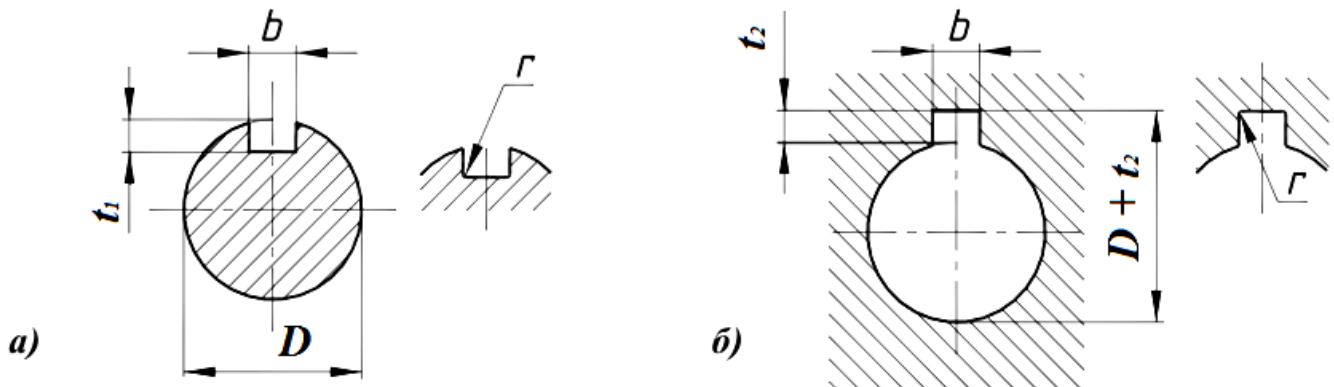
b – ширина шпонки; h – высота шпонки; l – длина шпонки

Рисунок 2 – Призматические шпонки

У призматических шпонок боковые поверхности являются рабочими. Шпонка устанавливается в паз вала. На вал насаживается деталь так, чтобы паз ступицы колеса попал на выступающую часть шпонки.

Основной недостаток призматических шпонок – необходимость ручной пригонки при сборке.

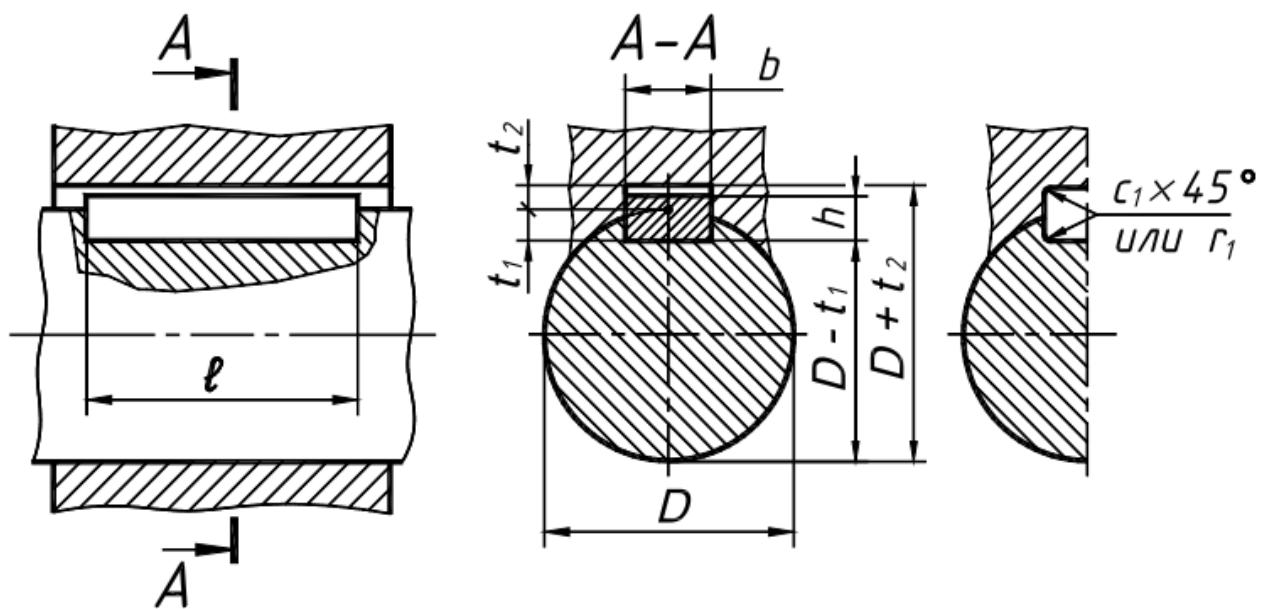
Длина шпоночного паза зависит от исполнения шпонки. На рисунке 3 показаны пазы на валу и на ступице.



D – диаметр вала; t_1 – глубина паза на валу; t_2 – глубина паза на ступице;
 r – радиус скруглений пазов

Рисунок 3 – Шпоночные пазы: а) на валу; б) – на ступице

Изображение соединения призматической шпонкой на чертеже представлено на рисунке 4.



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

Рисунок 4 - Изображение соединения призматической шпонкой на чертеже

Примеры условного обозначения призматических шпонок:

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

Шпонка 8x7x22 ГОСТ 23360-78;

2) то же исполнения 2:

Шпонка 2-8x7x22 ГОСТ 23360-78.

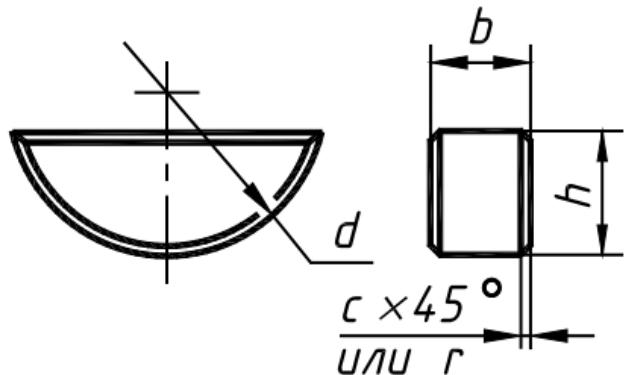
Длины шпонок должны выбираться из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 мм.

Соединение сегментной шпонкой (ГОСТ 24071-97)

Сегментные шпонки представляют собой сегментную пластину, которую устанавливается закругленной стороной в паз на валу. Паз на валу для сегментной шпонки выполняется дисковой фрезой. Глубина и ширина паза выбираются по стандарту ГОСТ 24071-97 в зависимости от размера шпонки. Паз на ступице аналогичен пазу для призматической шпонки.

Сегментные шпонки изготавливаются в двух формах (рисунок 5).

Нормальная форма



Низкая форма

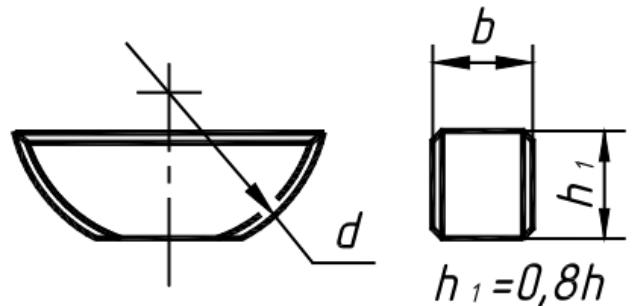
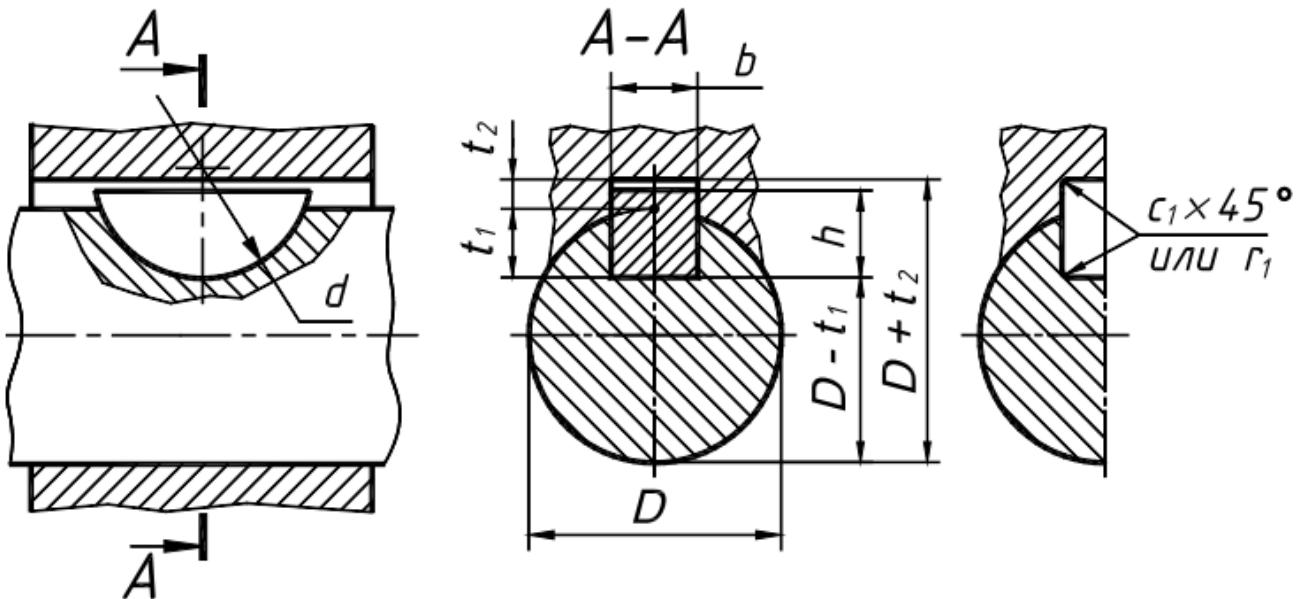


Рисунок 5 – Сегментные шпонки

У сегментных шпонок, как и у призматических, рабочими являются боковые грани. Они применяются для передачи относительно небольших врачающих моментов. Сегментные шпонки более технологичны и не требуют ручной пригонки при сборке. Основной недостаток – необходимость глубокого паза на валу.

Изображение соединения сегментной шпонкой на чертеже представлено на рисунке 6.



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

Рисунок 6 - Изображение соединения сегментной шпонкой на чертеже

Примеры условного обозначения сегментных шпонок:

1) сегментная шпонка нормальной формы с сечением $b \times h = 5 \times 6,5$ мм:

Шпонка 5x6,5 ГОСТ 24071-97;

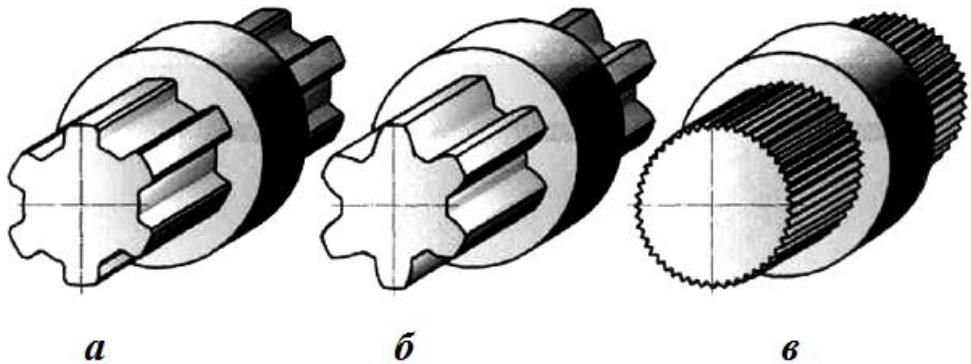
2) сегментная шпонка низкой формы с сечением $b \times h_1 = 5 \times 5,2$ мм:

Шпонка 5x5,2 ГОСТ 24071-97.

Шлицевые соединения

Шлицевые (зубчатые) соединения представляют собой соединения, образуемые выступами – зубьями на валу, входящими во впадины соответствующей формы в ступице. Рабочими поверхностями являются боковые стороны зубьев. Эти соединения можно представить как многошпоночные, у которых шпонки выполнены как одно целое с валом.

По форме профиля зубьев различают прямобочные, эвольвентные и треугольные шлицевые соединения (рисунок 7).



а) прямобочные; б) эвольвентные; в) треугольные
Рисунок 7 – Типы шлицевых соединений

Номинальные размеры и число зубьев прямобочного шлицевого соединения регламентированы стандартом ГОСТ 1139-80, который предусматривает три серии соединений – легкая, средняя и тяжелая, отличающиеся друг от друга высотой и количеством зубьев. Исходный контур, форма зубьев, номинальные диаметры, модули и число зубьев соединений с эвольвентными зубьями регламентированы стандартом ГОСТ 6033-80. Шлицевые соединения треугольного профиля не стандартизованы.

В машиностроении наибольшее распространение получили прямобочные шлицевые соединения, основными параметрами которых являются число зубьев z , внутренний диаметр d , наружный диаметр D и ширина зуба b (рисунок 8).

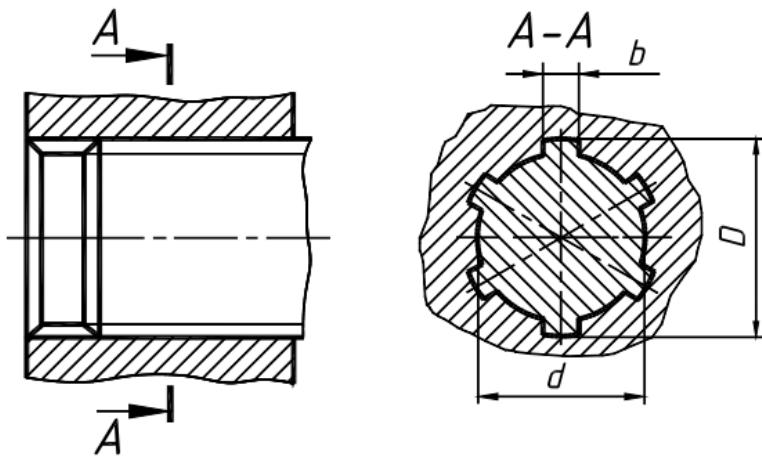


Рисунок 8 – Прямобочное шлицевое соединение

Прямобочные шлицевые соединения различают также по способу центрирования:

- **по боковым граням** (рисунок 9, а). Применяется при отсутствии жестких требований к точности центрирования. Такое центрирование используется в механизмах, работающих с вращением в обе стороны (реверс);

- по наружному диаметру D (рисунок 9, б). Это наиболее технологичный, простой и дешевый способ центрирования. Этот способ применяется при изготовлении неподвижных соединений в серийном и массовом производствах;

- по внутреннему диаметру d (рисунок 9, в). Это наиболее точный и дорогой способ центрирования. Центрирование по внутреннему диаметру рекомендуется при высокой твердости материала ступицы, когда калибровка отверстия протяжкой невозможна. В этом случае центрирующие поверхности ступицы и вала доводят шлифованием. Применяется в индивидуальном и мелкосерийном производствах.

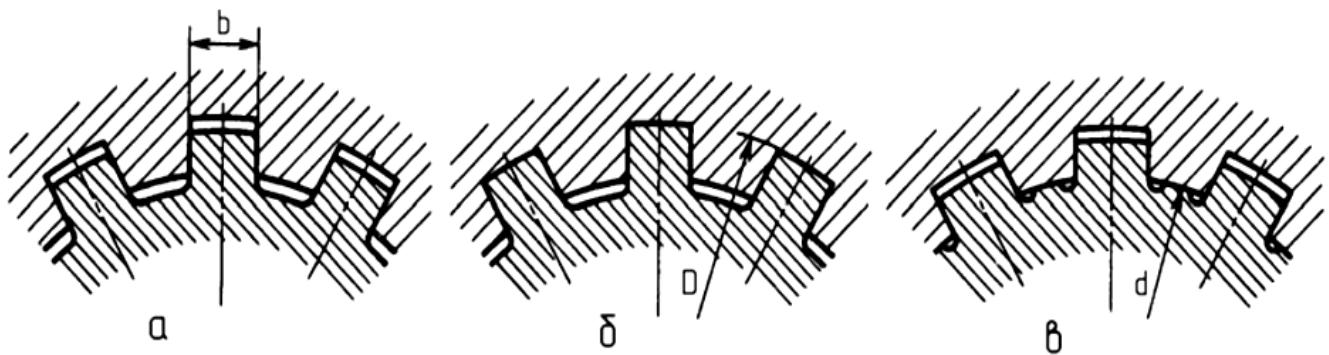


Рисунок 9 - Центрирование прямобочных зубчатых соединений

Шлицевые валы, отверстия и их соединения изображаются на чертежах согласно ГОСТ 2.409-74.

Окружности и образующие поверхности выступов (зубьев) валов и отверстий изображают на всем протяжении основными линиями. Окружности и образующие поверхности впадин изображают сплошными тонкими линиями, а на продольных разрезах — сплошными основными линиями (рисунки 10 и 11).

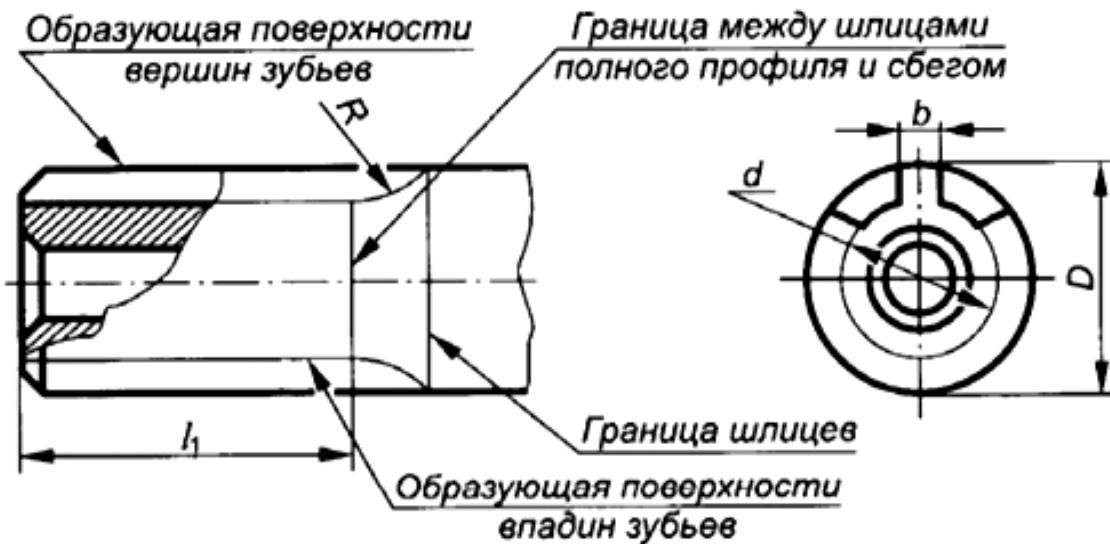


Рисунок 10 - Пример условного изображения шлицевого вала

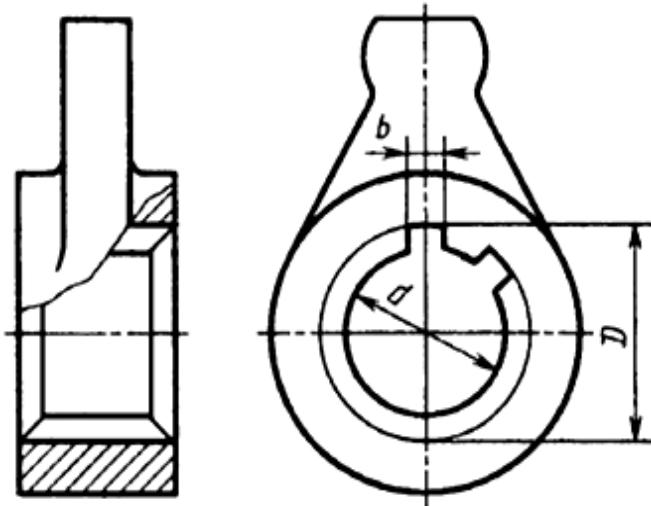


Рисунок 11 - Пример условного изображения шлицевой ступицы

Линии штриховки при изображении шлицевого вала и в отверстиях в продольных разрезах до линии впадин, а в поперечных - до линии выступов (рисунок 12).

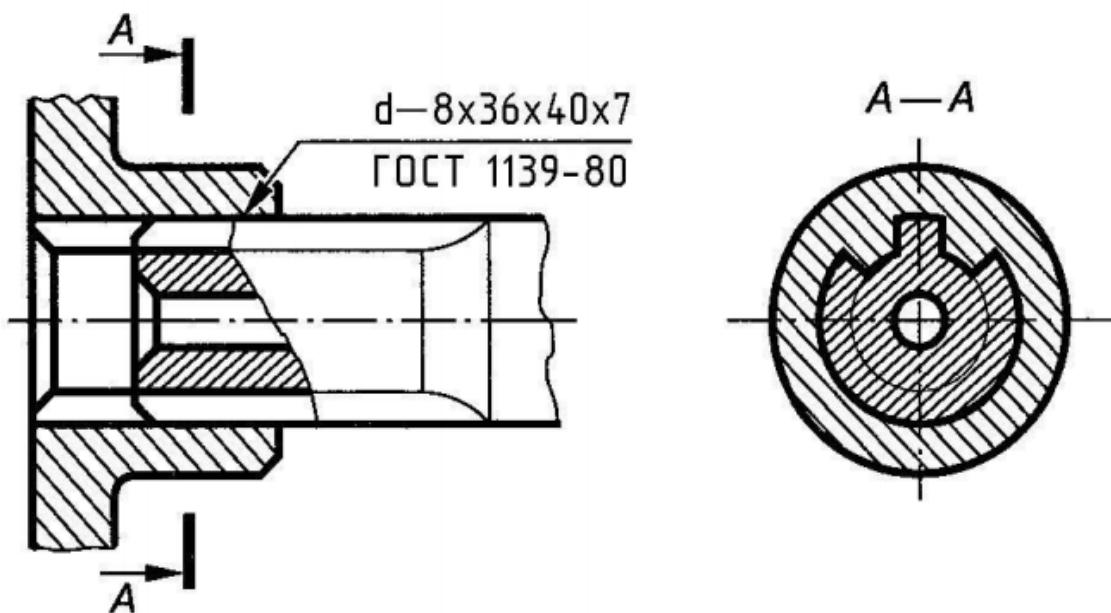


Рисунок 12 - Пример условного изображения шлицевого соединения

На плоскости, перпендикулярной оси шлицевого вала или отверстия, показывают профиль одного зуба (выступа) и двух впадин, а фаски на конце шлицевого вала и в отверстии не изображают (рисунок 12).

Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом изображают сплошной тонкой линией (рисунки 10 и 12).

На продольных разрезах зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают нерассечёнными, а в соединениях в отверстии изображают только ту часть выступов, которая не закрыта валом (рисунок 12).

На рабочих чертежах шлицевых валов и отверстий указывают размеры:

- 1) длину зубьев полного профиля l до сбега (при необходимости можно указывать полную длину и радиус R фрезы);
- 2) диаметр выступов D ;
- 3) диаметр впадин d ;
- 4) толщину зубьев вала b .

Пример условного обозначения шлицевого соединения:

$d-8x36x40x7 ГОСТ 1139-80$,

где **d** – способ центрирования (*по внутреннему диаметру*);

8 – число зубьев z ;

36 - внутренний диаметр d , мм;

40 - наружный диаметр D , мм;

6 - ширина зуба b , мм.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Цели графической работы:

- ознакомление с основными типами шпонок и шпоночных соединений;
- ознакомление с основными типами шлицев и шлицевых соединений;
- приобретение навыков в оформлении чертежей изделий, имеющих шпоночные и шлицевые соединения;
- приобретение умения выбора по справочной литературе типа и размеров шпонок и шлицев.

Графическая работа по теме «Шпоночные и шлицевые соединения» выполняется на листе чертежной бумаги формата А3 (297 x 420 мм). Основную надпись (форма 1 по ГОСТ 2.104-2006) следует расположить по длинной стороне листа. Рекомендуемый масштаб – 1:1. В левой стороне листа расположить

«Соединение шпоночное», а в правой – **«Соединение шлицевое».**

Перед выполнением работы следует изучить основные положения стандартов: ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.302-68, ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304-81, ГОСТ 2.305-2008, ГОСТ 2.307-2011, ГОСТ 24071-97.

Пример выполнения графической работы представлен на рисунке 13.

СОЕДИНЕНИЕ ШПОНОЧНОЕ (левая часть листа)

В верхней части листа шрифтом №7 написать «**Соединение шпоночное**».

Вычертить и проставить необходимые размеры, взятые из соответствующего стандарта, для своего варианта задания:

- **вал (фрагмент) с пазом под шпонку**: главный вид и сечение. Указать размеры: диаметр вала, ширину и глубину шпоночного паза, радиус сегментного паза;

- **втулку (фрагмент) с пазом под шпонку**: главный вид (в разрезе) и вид слева. Указать размеры: диаметр отверстия, ширину шпоночного паза, высоту паза-диаметр отверстия;

- **шпоночное соединение (в сборе)**: главный вид (в разрезе) и вид слева (в разрезе). Указать размеры: диаметр соединения, ширину шпонки – паз втулки, высоту шпонки. На соединении нанести позиции (шрифт №7), а под ним выполнить надпись (шрифт №7):

1. Вал

2. Втулка

3. Шпонкаx.... ГОСТ (условное обозначение по ГОСТу)

Данные для своего варианта взять из таблицы 1. Основные размеры призматических и сегментных шпонок и шпоночных пазов представлены в приложениях 1 и 2.

СОЕДИНЕНИЕ ШЛИЦЕВОЕ (правая часть листа)

В верхней части листа шрифтом №7 написать «**Соединение шлицевое**».

Вычертить и проставить необходимые размеры, взятые из соответствующего стандарта, для своего варианта задания:

- **вал шлицевой (фрагмент)**: главный вид, вид слева и выносной элемент (ГОСТ 2.305-2008) – зуб увеличенно в 5 раз. Указать размеры: длину шлицев, диаметры внутренний и наружный, а на выносном элементе - ширину зуба, радиус у основания зуба, фаску у вершины зуба;

- **втулку шлицевую (фрагмент)**: главный вид (в разрезе), вид слева и выносной элемент - паз увеличено в 5 раз. Указать размеры: диаметры внутренний и наружный, а на выносном элементе - ширину паза, радиус и фаску паза;

- **шлицевое соединение (в сборе)**: главный вид (в разрезе) и вид слева. На соединении шрифтом №5 написать его условное обозначение по стандарту, а также нанести позиции (шрифт №7), а под ним выполнить надпись (шрифт №7):

1. Вал

2. Втулка

Данные для своего варианта взять из таблицы 2. Основные размеры, форма и число зубьев шлицевых соединений представлены в приложении 3.

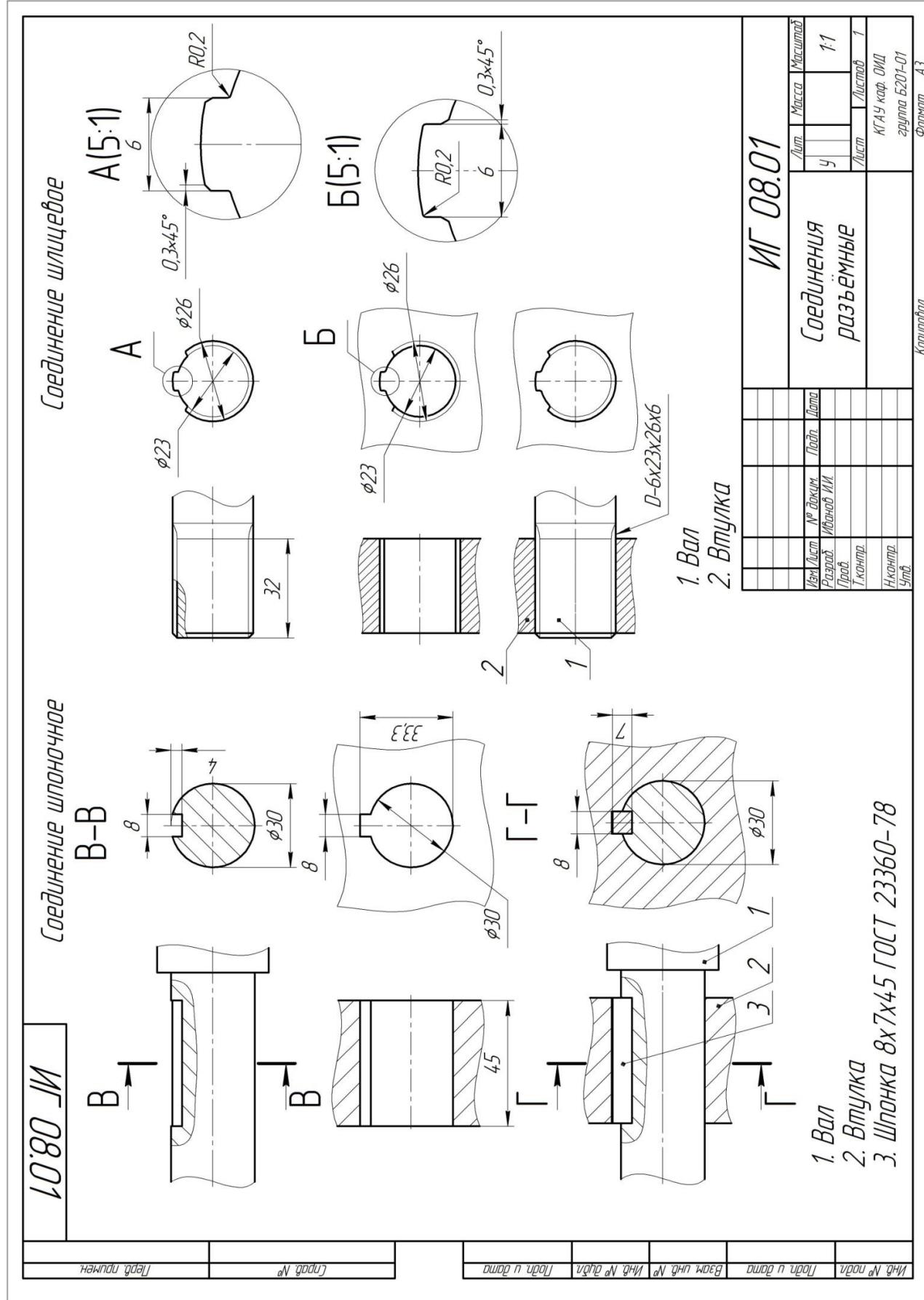


Рисунок 13 – Пример выполнения графической работы

Таблица 1 – Варианты задания «Соединение шпоночное»

№ варианта	Диаметр вала d, мм	Длина вала l, мм	Тип шпонки
1.	св. 8 до 10	25	ГОСТ 23360-78
2.	св. 32 до 38	70	ГОСТ 24071-97
3.	св. 10 до 12	28	ГОСТ 23360-78
4.	св. 28 до 32	63	ГОСТ 24071-97
5.	св. 12 до 17	32	ГОСТ 23360-78
6.	св. 25 до 28	56	ГОСТ 24071-97
7.	св. 17 до 22	36	ГОСТ 23360-78
8.	св. 22 до 25	50	ГОСТ 24071-97
9.	св. 17 до 22	40	ГОСТ 23360-78
10.	св. 20 до 22	45	ГОСТ 24071-97
11.	св. 22 до 30	45	ГОСТ 23360-78
12.	св. 18 до 20	45	ГОСТ 24071-97
13.	св. 30 до 38	50	ГОСТ 23360-78
14.	св. 18 до 20	40	ГОСТ 24071-97
15.	св. 38 до 44	56	ГОСТ 23360-78
16.	св. 14 до 16	36	ГОСТ 24071-97
17.	св. 44 до 50	63	ГОСТ 23360-78
18.	св. 12 до 14	32	ГОСТ 24071-97
19.	св. 50 до 58	70	ГОСТ 23360-78
20.	св. 10 до 12	28	ГОСТ 24071-97
21.	св. 58 до 65	80	ГОСТ 23360-78
22.	св. 8 до 10	25	ГОСТ 24071-97
23.	св. 65 до 75	80	ГОСТ 23360-78
24.	св. 10 до 12	20	ГОСТ 24071-97
25.	св. 75 до 85	100	ГОСТ 23360-78
26.	св. 6 до 8	18	ГОСТ 24071-97
27.	св. 85 до 95	110	ГОСТ 23360-78
28.	св. 8 до 10	16	ГОСТ 24071-97
29.	св. 85 до 95	125	ГОСТ 23360-78
30.	св. 12 до 14	25	ГОСТ 24071-97

Таблица 2 – Варианты задания «Соединение шлицевое» (по ГОСТ 1139-80)

№ варианта	Число шлицев <i>z</i>	Внутренний диаметр <i>d</i>, мм	Наружный диаметр <i>D</i>, мм	Длина шлицев, мм
1.	6	23	26	25
2.	8	36	42	70
3.	10	46	56	28
4.	6	26	30	63
5.	8	32	38	32
6.	10	42	52	56
7.	6	28	32	36
8.	6	28	34	50
9.	10	36	45	40
10.	8	32	36	45
11.	6	26	32	45
12.	10	32	40	45
13.	8	36	40	50
14.	6	23	28	40
15.	10	28	35	56
16.	8	42	46	36
17.	6	21	25	63
18.	10	26	32	32
19.	8	46	50	70
20.	6	18	22	28
21.	10	23	29	80
22.	8	52	58	25
23.	6	16	20	80
24.	10	21	26	20
25.	8	56	62	100
26.	6	13	16	18
27.	10	18	20	110
28.	6	11	14	16
29.	10	16	20	125
30.	8	23	28	25

Примерные вопросы при защите графической работы:

1. Какие типы шпонок применяются в машиностроении?
2. Назовите основные элементы шпоночного соединения.
3. Приведите условное обозначение шпонок.
4. Как производится выбор длины шпонок?
5. Какие размеры наносятся при изображении шпоночных соединений на чертежах?
6. Назовите типы шлицевых соединений.
7. Назовите основные параметры шлицевых соединений с прямообочным профилем зубьев.
8. Назовите правила условного изображения шлицевых соединений на чертежах.
9. Как выполняется условное обозначение шлицевых соединений на чертежах?
10. Как обозначается на чертежах способ центрирования шлицевых соединений?

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Общие правила выполнения чертежей.
2. Типы разъемных соединений, применяемых в машиностроении.
3. Примеры применения шпоночных и шлицевых соединений.
4. Правила изображения соединений с клиновидными шпонками на чертежах.
5. Правила изображения шлицевых соединений с эвольвентным профилем на чертежах.
6. Условное обозначение шлицевых соединений с эвольвентным профилем.
7. Правила изображения шлицевых соединений с треугольным профилем зубьев на чертежах.
8. Условное обозначение шлицевых соединений с треугольным профилем зубьев.
9. Правила изображения штифтовых соединений на чертежах.
10. Выбор штифта для соединения деталей и его условное обозначение.

Список литературы

1. Борисенко, И.Г. Начертательная геометрия. Начертательная геометрия и инженерная графика: учебник / И.Г. Борисенко, К.С. Рушелюк, А.К. Толстыхин. — 8-е изд., перераб. и доп. — Красноярск: СФУ, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-7638-3757-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157538> (дата обращения: 10.01.2022).
2. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы (с Изменениями N 1, 2, 3). – Москва: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
3. ГОСТ 2.302-68. Единая система конструкторской документации. Масштабы (с Изменениями N 1, 2, 3). – Москва: Стандартинформ, 2007. – 3 с.
4. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации. Линии (с Изменениями N 1, 2, 3). – Москва: Стандартинформ, 2007. – 8 с.
5. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные (с Изменениями N 1, 2). – Москва: Стандартинформ, 2008. – 22 с.
6. ГОСТ 2.305-2008. Единая система конструкторской документации. Изображения - виды, разрезы, сечения (издание с поправкой). - Москва: Стандартинформ, 2020. – 28 с.
7. ГОСТ 2.307-2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений (издание с поправкой). – Москва: Стандартинформ, 2020. – 32 с.
8. ГОСТ 2.409-74. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлифовых) соединений (переиздание с изм. 1). – Москва: Стандартинформ, 2005. – 3 с.
9. ГОСТ 23360-78. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки (переиздание с изм. 1;2). – Москва: Стандартинформ, 1993. – 19 с.
10. ГОСТ 24071-97. Основные нормы взаимозаменяемости. Сегментные шпонки и шпоночные пазы (издание с поправкой). – Москва: Стандартинформ, 2000. – 9 с.
11. ГОСТ 24068-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с клиновыми шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки (переиздание с изм. 1). – Москва: Стандартинформ, 1987. – 14 с.

- 12.ГОСТ 1139-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочныe. Размеры и допуски (переиздание с изм. 1;2). – Москва: Стандартинформ, 2003. – 12 с.
- 13.ГОСТ 6033-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30° . Размеры, допуски и измеряемые величины (переиздание с изм. 1;2). – Москва: Стандартинформ, 1993. – 86 с.
- 14.Тончева, Н.Н. Начертательная геометрия и инженерная графика: учебно-методическое пособие: в 2 частях / Н.Н. Тончева. — Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019 — Часть 2: Инженерная графика — 2019. — 102 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159360> (дата обращения: 10.01.2022).
- 15.Пикмуллин, Г.В. Простые разрезы: учебно-методические указания для лабораторных и самостоятельных работ / Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Гайнутдинов, И.С. Мухаметшин. - Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. - 24 с.
- 16.Салахов, И. М. Методические указания к выполнению контрольных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике / И. М. Салахов, Г. В. Пикмуллин, Т. Н. Вагизов. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 36 с.
- 17.Салахов, И. М. Геометрические построения : Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике / И. М. Салахов, Г. В. Пикмуллин, Т. Н. Вагизов. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 28 с.

**Приложение 1 – Соединения шпоночные с призматическими шпонками
(по ГОСТ 23360-78)**

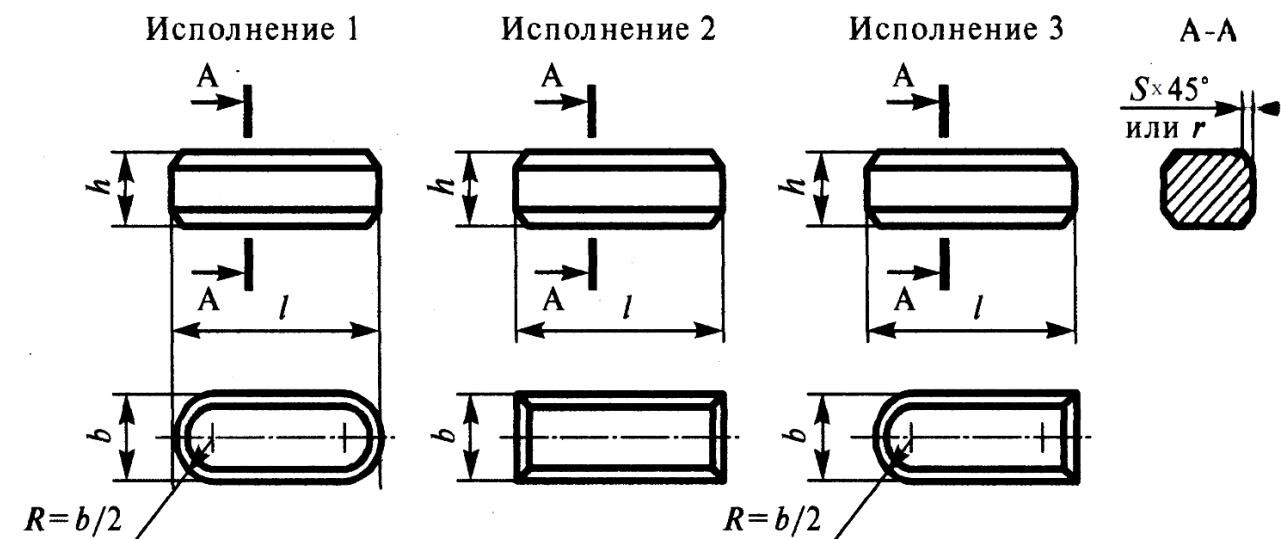


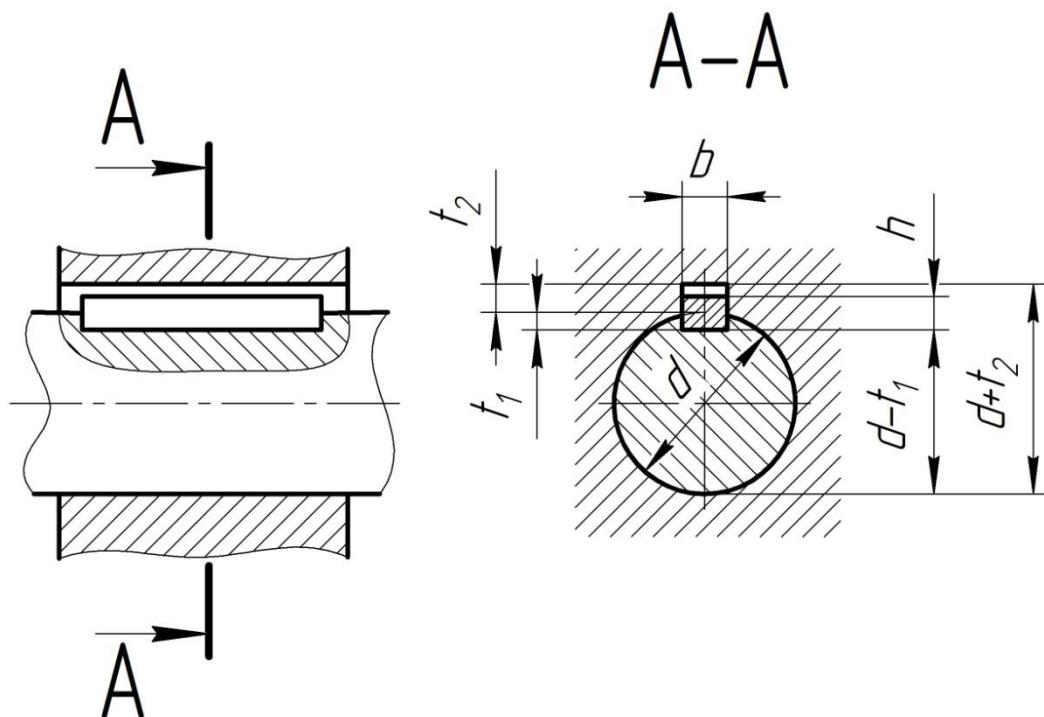
Рисунок 1.1 – Типы призматических шпонок

Таблица 1.1 - Размеры призматических шпонок и их предельные отклонения, мм

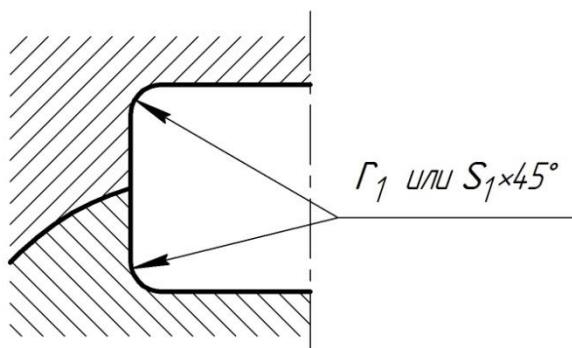
Ширина b (пред. откл. h9)	Высота h (пред. откл. h11; h9)	Размер фаски S или радиус r		Длина l (пред. откл. h14)	
		не более	не менее	от	до
2	2	0,25	0,16	6	20
3	3			6	36
4	4	0,40	0,25	8	45
5	5			10	56
6	6	0,40	0,25	14	70
7	7			16	63
8	7	0,60	0,40	18	90
10	8			22	110
12	8	0,60	0,40	28	140
14	9			36	160
16	10	0,80	0,60	45	180
18	11			50	200
20	12	0,80	0,60	56	220
22	14			63	250
24	14	0,80	0,60	70	280
25	14			80	320
28	16	1,20	1,00	90	360
32	18			100	400
36	20	1,20	1,00	100	400
40	22			110	450
45	25	2,00	1,60	125	500
50	28			140	500
56	32	2,00	1,60	160	500
63	32			180	500
70	36	3,00	2,50	200	500
80	40			220	500
90	45	3,00	2,50	250	500
100	50				

Примечания:

1. У шпонок с высотой от 2 до 6 мм предельные отклонения высоты соответствуют $h9$.
2. Допускается применять шпонки длиной, выходящей за указанные пределы диапазонов длин. При этом длины свыше 500 мм следует выбирать из ряда 20 по ГОСТ 6636-69.
3. Наименьшая фаска и радиус даны для ответственных шпоночных соединений.
4. Допускается по заказу потребителя изготавливать шпонки высотой от 2 до 6 мм с предельными отклонениями по $h11$.
5. Шпонки 7x7 мм и 24x14 мм допускается применять только для крепления режущего инструмента.



Шпоночные пазы вала и втулки



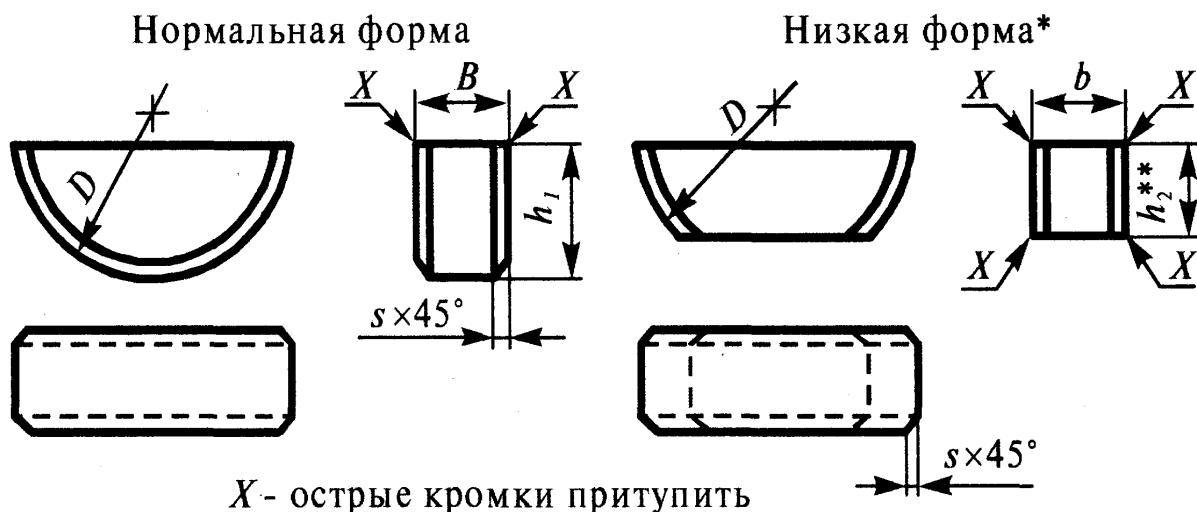
Примечание. На рабочем чертеже должен проставляться один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $d - t_1$ и для втулки $d + t_2$.

Рисунок 1.2 – Форма шпоночных пазов для призматических шпонок

Таблица 1.2 – Размеры сечений пазов и их предельные отклонения, мм

Диаметр вала <i>d</i>	Сечение шпонки <i>b x h</i>	Шпоночный паз										Радиус закругления <i>r₁</i> или фаска <i>s₁</i> x 45°	
		Ширина <i>b</i>				Глубина				Вал <i>t₁</i>			
		Свободное соединение		Нормальное соединение		Плотное соединение		Вал <i>t₁</i>		Втулка <i>t₂</i>			
		Вал (H9)	Втулка (D10)	Вал (N9)	Втулка (J _s 9)	Вал и втулка (P9)	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Не более	Не менее	
От 6 до 8	2x2	+0,025	+0,060	-0,004	+0,012	-0,006	1,2	+0,1 0	1,0	+0,1 0	0,16	0,08	
Св. 8 до 10	3x3	0	+0,020	-0,029	-0,012	-0,031	1,8		1,4				
Св. 10 до 12	4x4	+0,030 0	+0,078 +0,030	0 -0,030	+0,015 -0,015	-0,012 -0,042	2,5		1,8				
Св. 12 до 17	5x5						3,0		2,3				
Св. 17 до 22	6x6						3,5		2,8				
Св. 22 до 30	7x7; 8x7	+0,036 0	+0,098 +0,040	0 -0,036	+0,018 -0,018	-0,015 -0,051	4,0		3,3				
Св. 30 до 38	10x8	+0,043 0	+0,120 +0,050	0 -0,043	+0,021 -0,021	-0,018 -0,061	5,0	+0,2 0	3,3	+0,2 0	0,25	0,16	
Св. 38 до 44	12x8						5,0		3,3				
Св. 44 до 50	14x9						5,5		3,8				
Св. 50 до 58	16x10						6,0		4,3				
Св. 58 до 65	18x11						7,0		4,4				
Св. 65 до 75	20x12						7,5		4,9				
Св. 75 до 85	22x14	+0,052 0	+0,149 +0,065	0 -0,052	+0,026 -0,026	-0,022 -0,074	9,0	+0,2 0	5,4	+0,2 0	0,4	0,25	
Св. 85 до 95	24x14; 25x14						9,0		5,4				
Св. 95 до 110	28x16						10,0		6,4				
Св. 110 до 130	32x18						11,0		7,4				
Св. 130 до 150	36x20	+0,062 0	+0,180 +0,080	0 -0,062	+0,031 -0,031	-0,026 -0,088	12,0	+0,3 0	8,4	+0,3 0	1,0	0,7	
Св. 150 до 170	40x22						13,0		9,4				
Св. 170 до 200	45x25						15,0		10,4				
Св. 200 до 230	50x28						17,0		11,4				
Св. 230 до 260	56x32	+0,074	+0,220	0	+0,037	-0,032	20,0		12,4				
Св. 260 до 290	63x32	0	+0,100	-0,074	-0,037	-0,106	20,0		12,4				
Св. 290 до 330	70x36	+0,074	+0,220	0	+0,037	-0,032	22,0	+0,3 0	14,4	1,6	1,2		
Св. 330 до 380	80x40	0	+0,100	-0,074	-0,037	-0,106	25,0		15,4				
Св. 380 до 440	90x45	+0,087	+0,260	0	+0,043	-0,037	28,0		17,4				
Св. 440 до 500	100x50	0	+0,120	-0,087	-0,043	-0,124	31,0		19,5				

**Приложение 2 – Сегментные шпонки и шпоночные пазы
(по ГОСТ 24071-97)**



* Применяется по согласованию заинтересованных сторон.

** $h_2 = 0,8 h_1$ (значение можно округлить до 0,1 мм).

Рисунок 2.1 – Сегментные шпонки

Таблица 2.1 - Размеры сегментных шпонок и их предельные отклонения, мм

<i>b</i>		<i>h₁</i>		<i>D</i>		<i>s</i>	
Ном.	Пред. откл. h9*	Ном.	Пред. откл. h11	Ном.	Пред. откл. h12	не менее	не более
1,0	-0,025	1,4	-0,060	4	-0,120	0,16	0,25
1,5		2,6		7	-0,150		
2,0		2,6		7			
2,0		3,7	-0,075	10			
2,5		3,7		10			
3,0		5,0		13	-0,180		
3,0		6,5	-0,090	16			
4,0	-0,030	6,5		16		0,25	0,40
4,0		7,5		19	-0,210		
5,0		6,5		16	-0,180		
5,0		7,5		19	-0,210		
5,0		9,0		22			
6,0		9,0		22			
6,0		10,0		25			
8,0	-0,036	11,0	-0,110	28		0,40	0,60
10,0		13,0		32	-0,250		

* Другой допуск может быть принят по согласованию заинтересованных сторон.

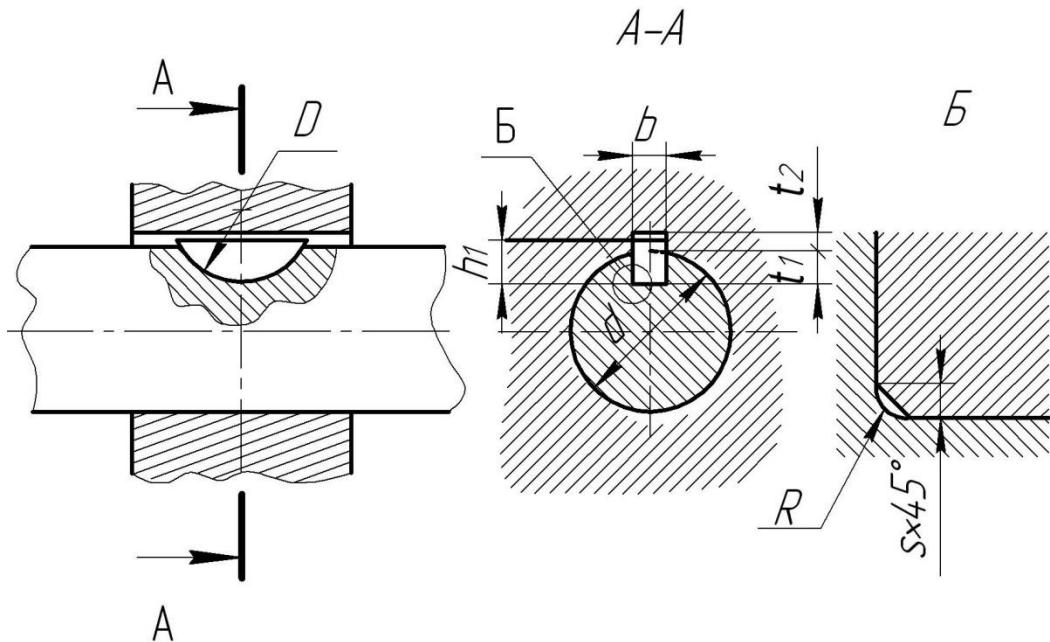


Рисунок 2.2 – Форма шпоночных пазов для сегментных шпонок

Таблица 2.2 - Размеры и допуски пазов для сегментных шпонок, мм

Размеры шпонки нормальной или низкой формы $b \times h_1 \times D$	Ном.	Ширина b паза		Глубина паза		Радиус R	
		Предельные отклонения		Вал t_1	Ступица t_2		
		Нормальное соединение	Плотное соединение				
1,0x1,4x4	1,0	-0,004; -0,029	$\pm 0,012$	1,0 2,0 1,8 2,9 2,7 3,8 5,3	0,6 0,8 1,0 1,0 1,2 1,4 1,4	0,16 0,16 0,16 0,16 0,16 0,16 0,16	
1,5x2,6x7	1,5				1,8		
2,0x2,6x7	2,0				2,0		
2,0x3,7x10	2,0				2,9		
2,5x3,7x10	2,5				2,7		
3,0x5,0x13	3,0				3,8		
3,0x6,5x16	3,0				5,3		
4,0x6,5x16	4,0	-0,030	$\pm 0,015$	5,0 6,0 4,5 5,5 7,0	1,8 1,8 2,3 2,3 2,3	0,25 0,25 0,25 0,25 0,25	
4,0x7,5x19	4,0				1,8		
5,0x6,5x16	5,0				2,3		
5,0x7,5x19	5,0				2,3		
5,0x9,0x22	5,0				2,3		
6,0x9,0x22	6,0			6,5 7,5	2,8	0,25 0,25 0,25	
6,0x10,0x25	6,0				2,8		
8,0x11,0x28	8,0				3,3		
10,0x13,0x32	10,0	-0,036	$\pm 0,018$	-0,015; -0,051	3,3	0,40 0,40	

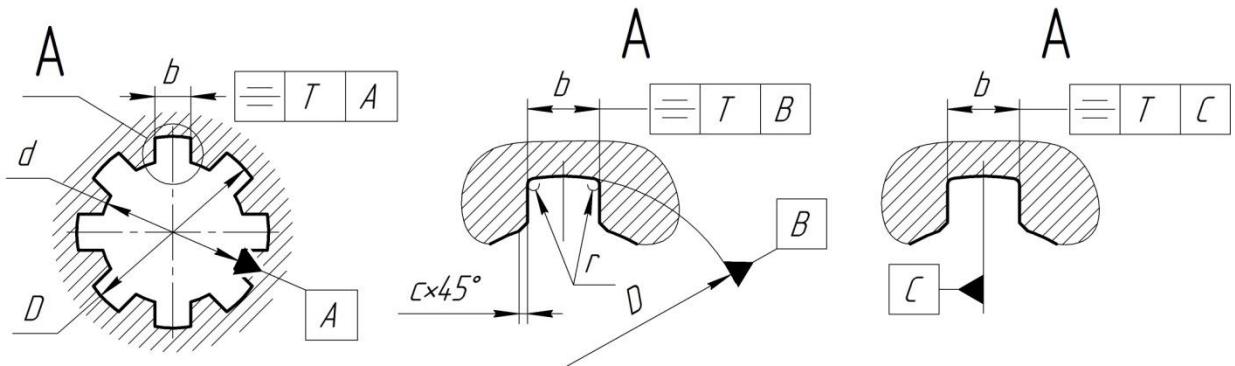
Таблица 2.3 – Зависимость диаметра вала от размера шпонки

Диаметр вала d , мм				Размер шпонки, мм, нормальной формы $b \times h_1 \times D$ или эквивалентной низкой формы
Серия 1		Серия 2		
Свыше	До	Свыше	До	
3	4	3	4	1,0x1,4x4
4	5	4	6	1,5x2,6x7
5	6	6	8	2,0x2,6x7
6	7	8	10	2,0x3,7x10
7	8	10	12	2,5x3,7x10
8	10	12	15	3,0x5,0x13
10	12	15	18	3,0x6,5x16
12	14	18	20	4,0x6,5x16
14	16	20	22	4,0x7,5x19
16	18	22	25	5,0x6,5x16
18	20	25	28	5,0x7,5x19
20	22	28	32	5,0x9,0x22
22	25	32	36	6,0x9,0x22
25	28	36	40	6,0x10,0x25
28	32	40	-	8,0x11,0x28
32	38	-	-	10,0x13,0x32

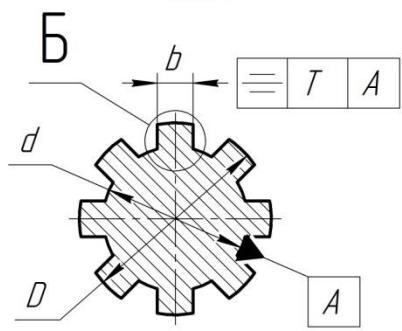
В таблице 2.3 даны две серии взаимосвязи между диаметром вала и размером шпонки: серия 1 - для передачи крутящего момента, серия 2 - для фиксации детали (в случае неподвижной посадки, когда передача момента осуществляется за счет трения).

**Приложение 3 – Соединения шлицевые прямобочные
(по ГОСТ 1139-80)**

Втулка

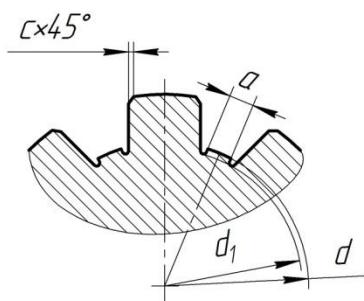


Вал



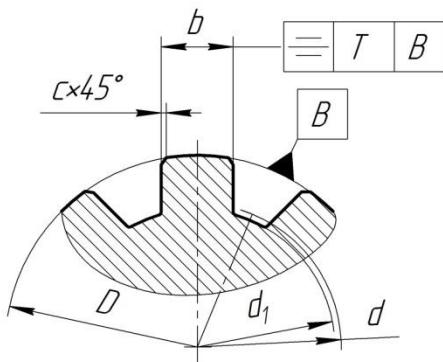
Б

Исполнение 1



Б

Исполнение 2



Б

Исполнение 3

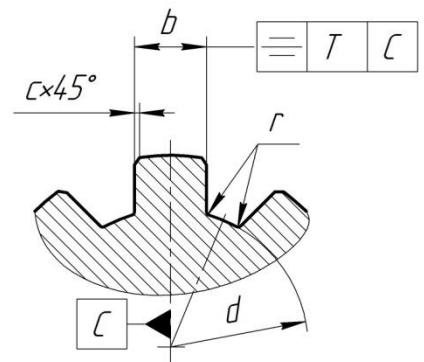


Рисунок 3.1 – Форма зубьев шлицевых соединений

Основные размеры и числа зубьев шлицевых соединений представлены в таблицах 3.1-3.3.

Таблица 3.1 – Основные размеры и числа зубьев шлицевых соединений легкой серии, мм

$z \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b	d_1 , не менее	a , не менее	c		r , не более
							Номин.	Пред. откл.	
6x23x26	6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6x26x30	6	26	30	6	24,6	3,85	0,3	+0,2	0,2
6x28x32	6	28	32	7	26,7	4,03	0,3	+0,2	0,2
8x32x36	8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	+0,2	0,3
8x36x40	8	36	40	7	34,5	3,46	0,4	+0,2	0,3
8x42x46	8	42	46	8	40,4	5,03	0,4	+0,2	0,3
8x46x50	8	46	50	9	44,6	5,75	0,4	+0,2	0,3
8x52x58	8	52	58	10	49,7	4,89	0,5	+0,3	0,5
8x56x62	8	56	62	10	53,6	6,38	0,5	+0,3	0,5
8x62x68	8	62	68	12	59,8	7,31	0,5	+0,3	0,5
10x72x78	10	72	78	12	69,6	5,45	0,5	+0,3	0,5
10x82x88	10	82	88	12	79,3	8,62	0,5	+0,3	0,5
10x92x98	10	92	98	14	89,4	10,08	0,5	+0,3	0,5
10x102x108	10	102	108	16	99,9	11,49	0,5	+0,3	0,5
10x112x120	10	112	120	18	108,8	10,72	0,5	+0,3	0,5

Таблица 3.2 – Основные размеры и числа зубьев шлицевых соединений средней серии, мм

$z \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b	d_1 , не менее	a , не менее	c		r , не более
							Номин.	Пред. откл.	
6x11x14	6	11	14	3,0	9,9	-	0,3	+0,2	0,2
6x13x16	6	13	16	3,5	12,0	-	0,3	+0,2	0,2
6x16x20	6	16	20	4,0	14,5	-	0,3	+0,2	0,2
6x18x22	6	18	22	5,0	16,7	-	0,3	+0,2	0,2
6x21x25	6	21	25	5,0	19,5	1,95	0,3	+0,2	0,2
6x23x28	6	23	28	6,0	21,3	1,34	0,3	+0,2	0,2
6x26x32	6	26	32	6,0	23,4	1,65	0,4	+0,2	0,3
6x28x34	6	28	34	7,0	25,9	1,70	0,4	+0,2	0,3
8x32x38	8	32	38	6,0	29,4	-	0,4	+0,2	0,3
8x36x42	8	36	42	7,0	33,5	1,02	0,4	+0,2	0,3
8x42x48	8	42	48	8,0	39,5	2,57	0,4	+0,2	0,3
8x46x54	8	46	54	9,0	42,7	-	0,5	+0,3	0,5
8x52x60	8	52	60	10,0	48,7	2,44	0,5	+0,3	0,5
8x56x65	8	56	65	10,0	52,2	2,50	0,5	+0,3	0,5
8x62x72	8	62	72	12,0	57,8	2,40	0,5	+0,3	0,5
10x72x82	10	72	82	12,0	67,4	-	0,5	+0,3	0,5
10x82x92	10	82	92	12,0	77,1	3,00	0,5	+0,3	0,5
10x92x102	10	92	102	14,0	87,3	4,50	0,5	+0,3	0,5
10x102x112	10	102	112	16,0	97,7	6,30	0,5	+0,3	0,5
10x112x120	10	112	125	18,0	106,3	4,40	0,5	+0,3	0,5

Таблица 3.3 – Основные размеры и числа зубьев шлицевых соединений тяжелой серии, мм

$z \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b	d_1 , не менее	c		r , не более
						Номин.	Пред. откл.	
10x16x20	10	16	20	2,5	14,1	0,3	+0,2	0,2
10x18x23	10	18	23	3,0	15,6	0,3	+0,2	0,2
10x21x26	10	21	26	3,0	18,5	0,3	+0,2	0,2
10x23x29	10	23	29	4,0	20,3	0,3	+0,2	0,2
10x26x32	10	26	32	4,0	23,0	0,4	+0,2	0,3
10x28x35	10	28	35	4,0	24,4	0,4	+0,2	0,3
10x32x40	10	32	40	5,0	28,0	0,4	+0,2	0,3
10x36x45	10	36	45	5,0	31,3	0,4	+0,2	0,3
10x42x52	10	42	52	6,0	36,9	0,4	+0,2	0,3
10x46x56	10	46	56	7,0	40,9	0,5	+0,3	0,5
16x52x60	16	52	60	5,0	47,0	0,5	+0,3	0,5
16x56x65	16	56	65	5,0	50,6	0,5	+0,3	0,5
16x62x72	16	62	72	6,0	56,1	0,5	+0,3	0,5
16x72x82	16	72	82	7,0	65,9	0,5	+0,3	0,5
20x82x92	20	82	92	6,0	75,6	0,5	+0,3	0,5
20x92x102	20	92	102	7,0	85,5	0,5	+0,3	0,5
20x102x115	20	102	115	8,0	94,0	0,5	+0,3	0,5
20x112x125	20	112	125	9,0	104,0	0,5	+0,3	0,5

Примечания:

- Исполнение 1 дано для изготовления валов соединений легкой и средней серий методом обкатывания. Валы соединений тяжелой серии методом обкатывания не изготавляются.
- Шлицевые валы исполнений 1 и 3 изготавляются при центрировании по внутреннему диаметру, исполнения 2 - при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам зубьев.