

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра управления качеством и технического регулирования

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНАМ
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»,
«ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН».
Тема «Расчет и выбор посадок шпоночных соединений»

Под редакцией профессора А.Г. Сергеева

Составители
Ю.А. ОРЛОВ
Д.Ю. ОРЛОВ

Владимир 2005

УДК 621.882.53(076)

ББК 34.441.2 я 7

М54

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
Владимирского государственного университета
С.Н. Сысоев

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация», «Измерения механических величин». Тема «Расчет и выбор посадок шпоночных соединений» / Сост. : Ю. А. Орлов, Д. Ю. Орлов ; под ред. А. Г. Сергеева ; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2005. – 14 с.

Содержат методику расчетов и справочные данные по расчету и выбору посадок шпоночного соединения. Даны сведения по оформлению сборочных чертежей, содержащих шпоночные соединения, и список литературы.

Предназначены для студентов специальностей 120100, 220100, 230100, 100400, 120107, 150200, 190800, 340100 всех форм обучения, а также могут быть полезны студентам колледжей и инженерно-техническим работникам.

Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК 621.882.53(076)

ББК 34.441.2 я 7

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для соединения втулок, шкивов, зубчатых колес и других деталей машин с валами, когда не предъявляются требования по точности центрирования, применяют шпоночные соединения (ШС). Параметрами шпоночного соединения являются:

- ширина шпоночного паза B , мм;
- номинальный диаметр вала d , мм;
- высота шпоночного паза h , мм;
- глубина паза на валу t_1 , мм;
- глубина паза на втулке t_2 , мм.

Обычно при конструировании шпоночные соединения рассчитывают на прочность по напряжениям смятия $\sigma_{см}$, МПа.

$$\text{Условие прочности следует из уравнения } \sigma_{см} = \frac{F_t}{A_{см}} \leq [\sigma_{см}],$$

где $\sigma_{см}$ – действующие напряжения, МПа;

F_t – окружная сила, Н;

$A_{см}$ – площадь смятия, мм²;

$[\sigma_{см}]$ – допустимые напряжения смятия, МПа.

Параметры шпоночного соединения с призматической шпонкой приведены на рис. 1, а поля допусков и предельные отклонения в прил. 1. Для сегментных шпонок параметры соединения и основные размеры приведены в прил. 2. Основные размеры соединений с клиновыми шпонками приведены в прил. 3.

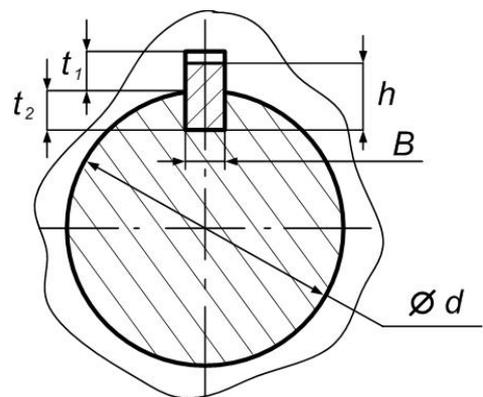


Рис. 1. Шпоночное соединение с призматической шпонкой

По характеру различают три вида шпоночных соединений: свободное, нормальное, плотное.

Примем обозначения:

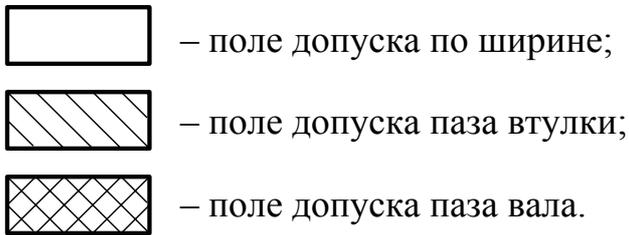


Схема расположения полей допусков различных посадок шпоночных соединений представлена на рис 2.

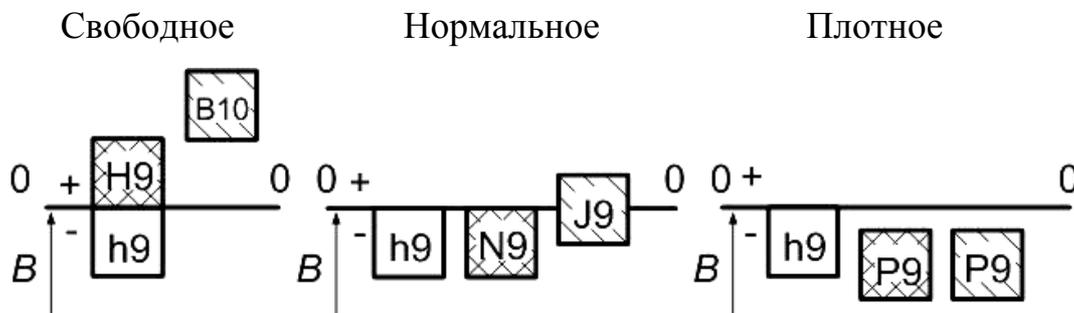


Рис. 2. Схема расположения полей допусков

Высота шпонки h выполняется по $h11$, или $h9$, если $h = 2 - 6$ мм.

Длина паза l выполняется по $H15$. Длина шпонки l_p , по $h14$.

Контроль элементов шпоночного соединения осуществляется универсальными измерительными средствами и калибрами (в массовом производстве).

Допуски калибров для ШС выполняют по ГОСТ 24109-80, а их конструкция и размеры по ГОСТ 24110-80, ГОСТ 24121-80. ГОСТ 23360-78 устанавливает размеры призматических шпонок; ГОСТ 24068-80 – посадки шпонок.

Приведем пример расчета соединения с призматической шпонкой.

Для шпоночного соединения свободного исполнения с номинальным диаметром $D (d) = 18$ и длиной шпонки $l_p = 40$ мм:

- 1) определить номинальное значение элементов;
- 2) построить в масштабе схему расположения полей допусков;
- 3) дать сборочный чертеж шпоночного соединения.

Решение:

1. Воспользуемся таблицей [1, с. 235].

По диаметру вала находим:

$$b = 6 \text{ мм}; h = 6 \text{ мм}; t_1 = 3,5 \text{ мм}; t_2 = 2,8 \text{ мм}.$$



2. Определяем поле допуска и предельные отклонения (данные для исполнения 1).

Шпонка $6h9(-0,030)$. Паз вала $6H9(+0,030)$. Паз втулки $6D10(+0,078, +0,030)$.

Непосадочные размеры:

$h = 6h11(-0,015)$; высота по $h11$ $t_1 = 3,5^{+0,1}$; $t_2 = 2,8^{+0,1}$; отклонения по справочнику; $d + t_2 = 18 + 2,8 = 20,8^{+0,1}$ мм; $d - t_1 = 18 - 3,5 = 14,5_{-0,1}$ мм;

$$l_p = 40h14(-0,62); \text{ длина по } h14.$$

$$\text{Длина паза } l = 40H15(+1,0)$$

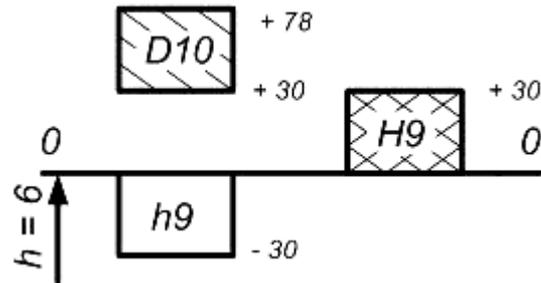


Рис. 3. Схема полей допусков заданного шпоночного соединения

3. Схема полей допусков.

4. Конструкция соединения.

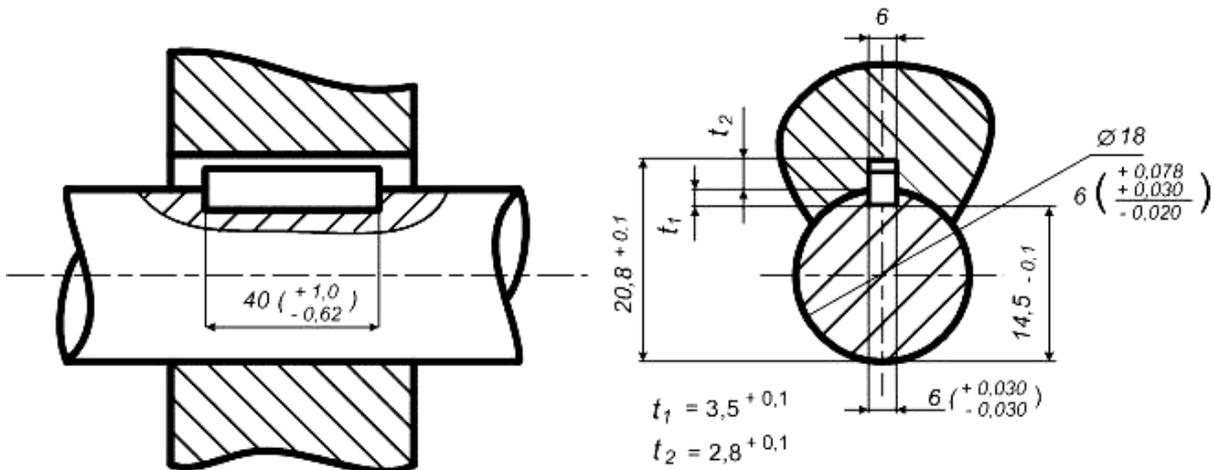


Рис. 4. Конструкция соединения

Приложение 1

Поля допусков и предельные отклонения соединений с призматическими и клиновыми шпонками, мкм (по ГОСТ 23360-78, ГОСТ 24068-80)

Диаметр вала d , мм	Сечение шпонки $b \times h$, мм	Виды соединения призматических шпонок по ширине пазов b					Глубина пазов				Для шпоночных пазов радиус закругления r или фаска $S_1 \times 45^\circ$				
		свободное		нормальное		плотное	на валу t_1		на втулке t_2 для шпонки						
		Вал $+(H9)$	Втулка $+(D10)$	Вал $-(N9)$	Втулка $(Js9)$	Вал и втулка $-(P9)$	Номинальная	Предельное отклонение	призматической		клиновой				
									Номинальная	Предельное отклонение	Номинальная	Предельное отклонение			
Св. 6 до 8 8-10	2×2	25	60	4	+12	6	1,2	0,1	1,0	0,1	0,5	0,1	0,16	0,08	
	8-10	0	20	29	-12	31	1,8		1,4		0,9				
	10-12	4×4	30	78	0	+15	12		2,5		1,8				0
12-17 17-22	5×5	0	30	30	-15	42	3,0	0,2	2,3	0,2	1,7	0,2	0,25	0,16	
	17-22	6×6	0	30	30	-15	42		3,5		2,8				2,2
	22-30	8×7	36	98	0	+18	15		4,0		3,3				2,4
30-38	10×8	0	40	36	-18	51	5,0								
38-44	12×8	43	120	0	+21	18	5,5	0,2	3,3	0,2		2,4	0,2	0,4	
44-50	14×9								3,8		2,9				
50-58	16×10								4,3		3,4				
58-65	18×11								4,4		3,4				
65-75 75-85 85-95 95-110	20×12	52	149	0	+26	22	9,0	0	4,9	0	3,9	0	0,6	0,4	
	75-85								22×14		5,4				4,4
	85-95								25×14		5,4				4,4
	95-110								28×16		6,4				5,4

Примечания:

1. Предельные отклонения пазов вала и втулки для клиновых шпонок установлены по $D10$.
2. Размер t_2 относится к большей глубине паза клиновой втулки.
3. Допускаются для ширины паза и втулки любые сочетания полей допусков, указанных в таблице.
4. Для термообработанных деталей допускаются предельные отклонения на ширину паза вала $H11$, если это не влияет на работоспособность соединения.
5. Допускается в обоснованных случаях применять меньшие размеры сечений стандартных шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов.

6. Предельные отклонения длины паза для шпонок призматических и клиновых (исполнение 1) по H15.

7. Допускается контролировать размеры $(d - t_1)$ и $(d + t_2)$ вместо размеров t_1 и t_2 . Предельные отклонения, приведены ниже, мм,

Высота шпонки h , мм	От 2 до 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50
Отклонения для:			
$(d - t_1)$	0 ... -0,1	0 ... -0,2	0 ... -0,3
$(d + t_2)$	+0,1 ... 0	+0,2 ... 0	+0,3 ... 0

Приложение 2

Основные размеры соединений с сегментными шпонками, мм
(по ГОСТ 24071-80)

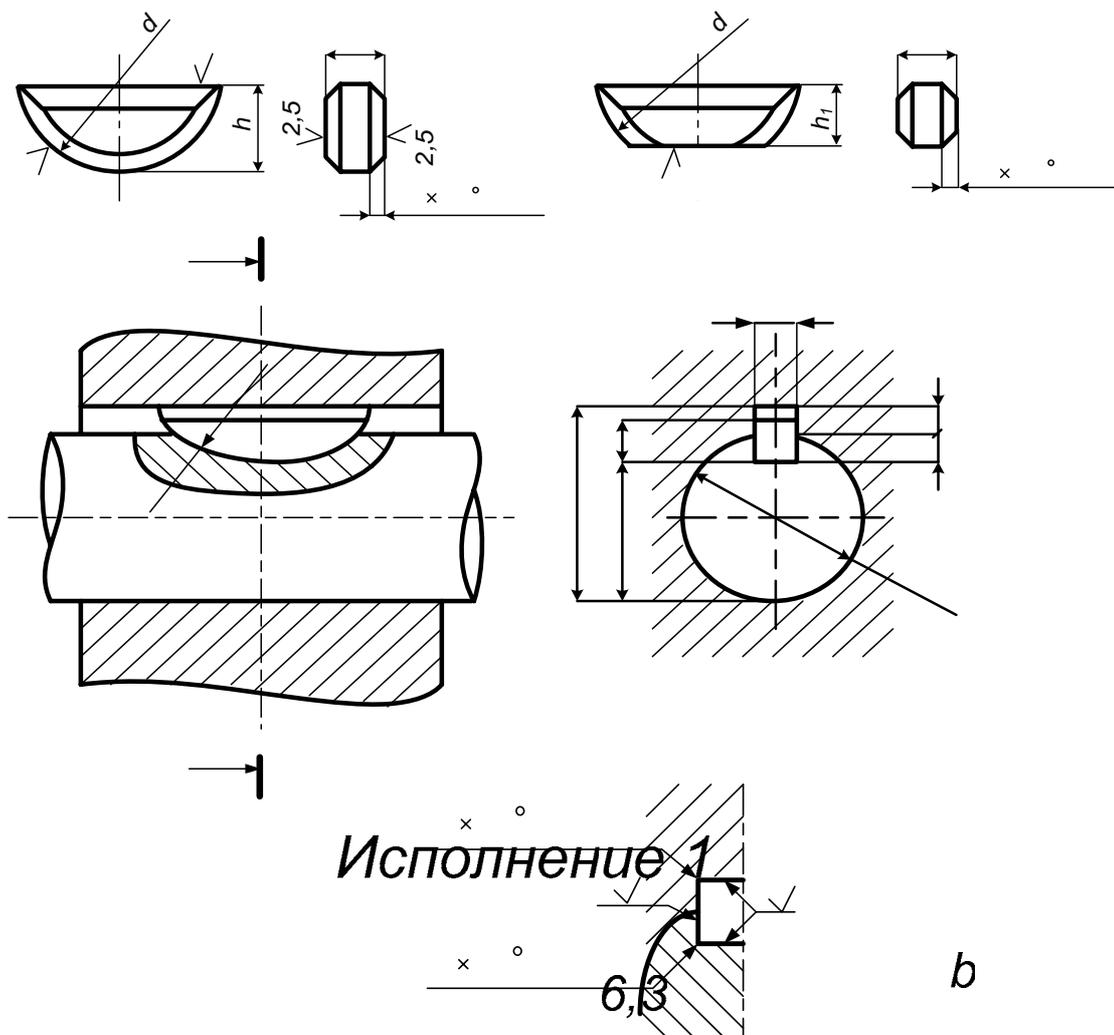


Таблица П2.1

Основные размеры соединений с сегментными шпонками, мм
(по ГОСТ 24071 – 80)

Диаметр вала D		Размеры шпонок			Размеры шпоночного паза			
Назначение шпонки*		$b \times h \times d$	Фаска		Глубина		Радиус закругления r_1 или фаска $S_1 \times 45$	
I	II		max	min	на валу	во втулке	max	min
От 3 до 4 Св. 4 » 5 » 5 » 6 » 6 » 7 » 7 » 8 » 8 » 10 » 10 » 12	От 3 до 4 Св. 4 » 6 » 6 » 8 » 8 » 10 » 10 » 12 » 12 » 15 » 15 » 18	1×1,4×4 1,5×2,6×7 2×2,6×7 2×3,7×10 2,5×3,7×10 3×5×13 3×6,5×16	0,25	0,16	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	0,08
Св. 12 до 14 » 14 » 16 » 16 » 18 » 18 » 20 » 20 » 22 » 22 » 25 » 25 » 28	Св. 18 до 20 » 20 » 22 » 22 » 25 » 25 » 28 » 28 » 32 » 32 » 36 » 36 » 40	4×6,5×16 4×7,5×19 5×6,5×16 5×7,5×19 5×9×22 6×9×22 6×10×22	0,40	0,25	5,0 6,0 4,5 5,5 7,0 6,5 7,5	1,8 1,8 2,3 2,3 2,3 2,8 2,8	0,25	0,16
Св. 28 до 32 Св. 32 до 38	Св. 40	8×11×28 10×13×32	0,60	0,40	8,0 10,0	3,3 3,3	0,40	0,25

Примечания: 1. На рабочем чертеже проставляется один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $D - t_1$ и для втулки $D + t_2$. 2. Материал – сталь чистотянутая для шпонок по ГОСТ 8786-68 или другая с временным сопротивлением разрыву не менее 590 МПа. В ответственных шпоночных соединениях сопряжения дна паза с боковыми сторонами выполняются по радиусу r , значение и предельные отклонения которого указываются на рабочем чертеже. В отдельных обоснованных случаях (пустотелые и ступенчатые валы, передача пониженных крутящих моментов и т.д.) допускается применять меньшие размеры сечений стандартных шпонок на валах больших диаметров за исключением выходных концов валов. 3. Шпонки исполнения 2 применяются

* Назначение I предусматривает случай передачи шпонкой крутящего момента, назначение II – когда шпонка используется только для фиксации.

только по согласованию между заинтересованными организациями. 4. Пример условного обозначения шпонки исполнения 1 сечением $b \times h = 4 \times 6,5$ мм: шпонка 4×6,5 мм; ГОСТ 24071-80, то же исполнения 2 сечением $b \times h_1 = 4 \times 5,2$ мм: шпонка 2 – 4×5,2 мм; ГОСТ 24071-80 ($h_1 = 0,8 h$).

Таблица П2.2

Предельные отклонения размеров соединений с сегментными шпонками, мм
(по ГОСТ 24071-80)

Элемент соединения	Предельные отклонения размера при соединении						
	любом	нормальном		плотном			
		на валу	во втулке	на валу	во втулке		
Шпонка	$h9$	–	–	–			
Паз	–	$N9$	J_s9	$P9$			
Элемент соединения	Предельные отклонения несопрягаемых размеров						
	Высота h	Диаметр d	Глубина (или проставляемый на чертеже размер)				
			на валу t_1 (или $D - t_1$)*			во втулке t_2 (или $D + t_2$)	
			при h , мм				
			От 1,4 до 3,7	Св. 3,7 до 7,5	Св. 7,5	От 1,4 до 10	Св. 10
Шпонка	$h11$	$h12$	–	–	–	–	–
Паз	–	–	+0,10	+0,20	+0,30	+0,10	+0,20

Примечание: для термообработанных деталей допускаются предельные отклонения размера ширины паза вала $H11$ и размера ширины паза втулки $D10$.

Таблица П2.3

Ориентировочное назначение посадок в соединениях с сегментными шпонками

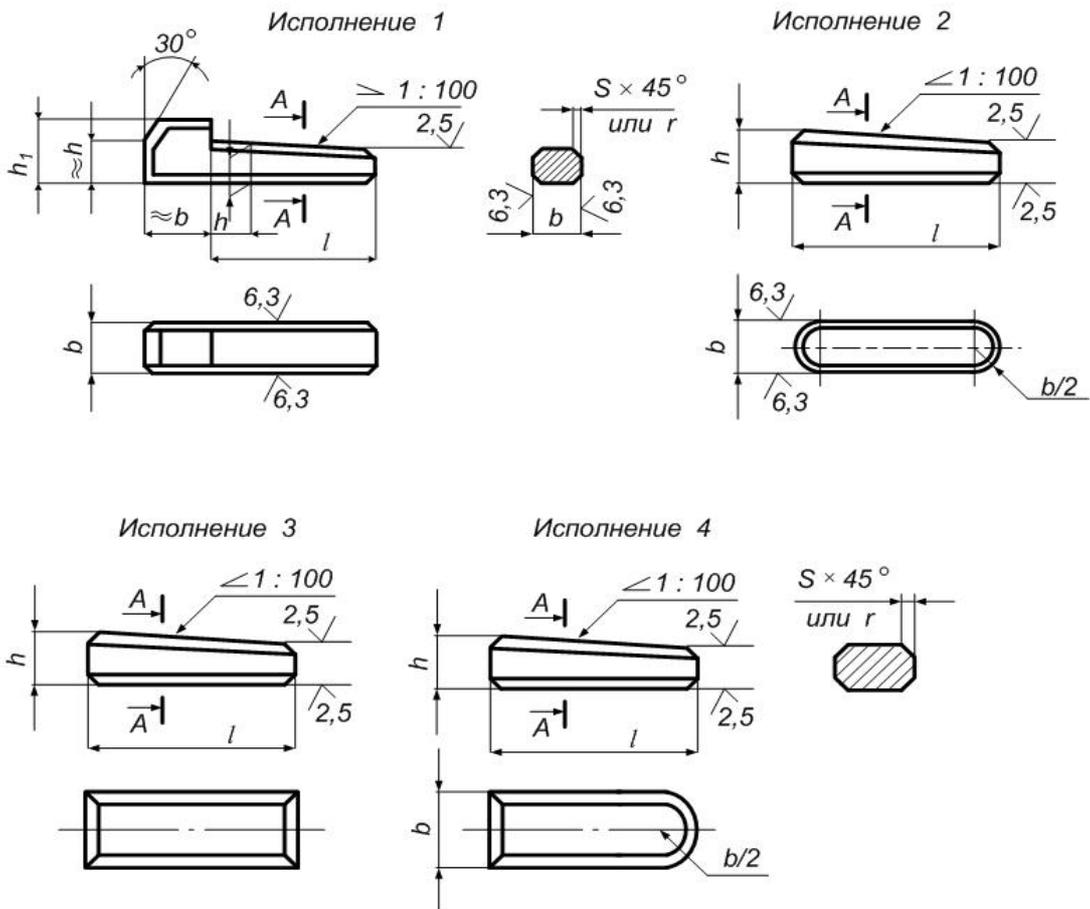
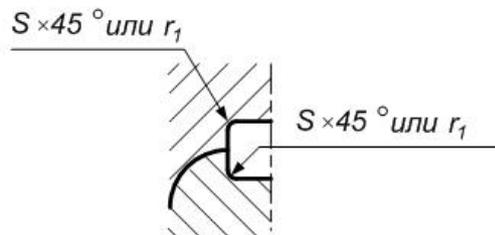
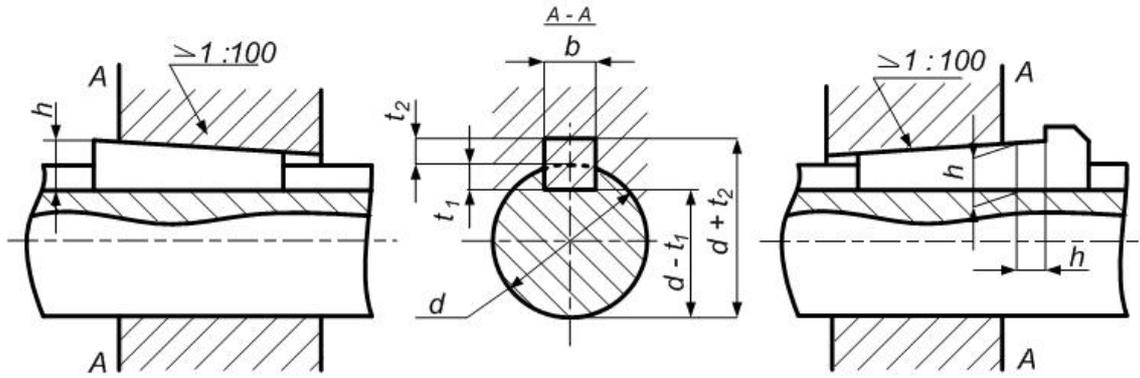
Элемент соединения	Поля допусков	
Ширина шпонки	$h9$	$h9$
Ширина паза на валу	$P9$	$N9$
Ширина паза во втулке	J_s9	J_s9
Назначение посадок	Для единичного и серийного производства	Для серийного и массового производства

Примечание: для ширины пазов вала и втулки допускаются любые сочетания, указанные в таблице (размер b) полей допусков.

* Для указанного размера те же предельные отклонения назначаются со знаком минус.

Приложение 3

Основные размеры соединений с клиновыми шпонками, мм (по ГОСТ 24068-80)



Основные размеры соединений с клиновыми шпонками, мм
(по ГОСТ 24068-80)

Диаметр вала	Шпонка						Шпоночный паз			
	Сечение шпонки $b \times h$	Фаска $S \times 45^\circ$ или радиус r		Длина l		Высота шпоночной головки h_1	Глубина		Радиус за- кругления r_1 или фас- ка $S \times 45^\circ$	
		min	max*	от	до		на ва- лу t_1	во втул- ке t_2^{**}	min	max
От 6 до 8	2×2			6	20	–	1,2	0,5		
» 8 » 10	3×3	0,16	0,25	6	36	–	1,8	0,9	0,08	0,16
» 10 » 12	4×4			8	45	7	2,5	1,2		
Св. 12 до 17	5×5			10	56	8	3,0	1,7		
» 17 » 22	6×6	0,25	0,40	14	70	10	3,5	2,2	0,16	0,25
» 22 » 30	8×7			18	90	11	4,0	2,4		
Св. 30 до 38	10×8			22	110	12	5,0	2,4		
» 38 » 44	12×8			28	140	12	5,0	2,4		
» 44 » 50	14×9	0,40	0,60	36	160	14	5,5	2,9	0,25	0,40
» 50 » 58	16×10			45	180	16	6	3,4		
» 58 » 65	18×11			50	200	18	7	3,4		
Св. 65 до 75	20×12			56	220	20	7,5	3,9		
» 75 » 85	22×14			63	250	22	9	4,4		
» 85 » 95	25×14	0,60	0,80	70	280	22	9	4,4	0,40	0,60
» 95 » 110	28×16			80	320	25	10	5,4		
» 110 » 130	32×18			90	360	28	11	6,4		
Св. 130 до 150	36×20			100	400	32	12	7,1		
» 150 » 170	40×22			100	400	36	13	8,1		
» 170 » 200	45×25	1,00	1,20	110	450	40	15	9,1	0,70	1,00
» 200 » 230	50×28			125	500	45	17	10,1		
Св. 230 до 250	56×32			140	500	50	20	11,1		
» 260 » 290	63×32	1,60	2,00	160	500	50	20	11,1	1,20	1,60
» 290 » 330	70×36			180	500	56	22	13,1		
Св. 330 до 360	80×40			200	500	63	25	14,1		
» 380 » 440	90×45	2,50	3,00	220	500	70	28	16,1	2,00	2,50
» 440 » 500	100×50			250	500	80	31	18,1		

Примечания: 1. 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.

* Должен соблюдаться в ответственных шпоночных соединениях.

** Размер t_2 относится к большей глубине паза.

Допускается применять шпонки с длиной, выходящей за пределы диапазона длин, указанного в таблице.

Материал – сталь чистотянутая для шпонок по ГОСТ 8786-68 или другая с временным сопротивлением разрыву не менее 590 МПа.

На рабочем чертеже проставляется один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $D - t_1$ и для втулки $D + t_2$. В ответственных шпоночных соединениях сопряжения дна паза с боковыми сторонами выполняются по радиусу r , значение и предельные отклонения которого указываются на рабочем чертеже.

2. Длины шпонок св. 500 мм должны выбираться из ряда $R 20$ по ГОСТ 6636-69.

3. Допускается при условии сохранения взаимозаменяемости соединений приращение пазов с глубинами t_1 и t_2 , отличными от указанных в данной таблице.

4. Пример условного обозначения шпонки исполнения 1 (с головкой) с размерами $b = 18$ мм, $h = 11$ мм, $l = 100$ мм: шпонка 18×11×100 ГОСТ 24068-80; то же исполнения 2: шпонка 2-18×11×100 ГОСТ 24068-80.

Таблица ПЗ.2

Предельные отклонения несопрягаемых размеров соединений с клиновыми шпонками (по ГОСТ 24068-80)

Элемент соединения	Предельные отклонения размера, мм				
	Высота h	Длина l	Глубина (или проставляемый на чертеже размер) на валу t_1 (или $D - t_1$) [*] и на втулке t_2 (или $D + t_2$) при h , мм		
			От 2 до 6	Св. 6 до 18	Св. 18 до 50
Шпонка	$h 11, h 9^{**}$	$h 14$	-	-	-
Паз	-	$H 15^{***}$	+0,1 0	+0,2 0	+0,3 0

Примечания: 1. Предельные отклонения ширины шпонки b при любом соединении – по $h 9$, ширины паза – см., например, табл. 4.65[3]. 2. Предельные отклонения угла наклона $\pm \frac{AT10}{2}$.

* Для указанного размера те же предельные отклонения назначаются со знаком минус.

** При высоте шпонки h от 2 до 6 мм.

*** Для шпонки исполнения 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мягков, В. Д. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л.: Машиностроение, 1982. – 990 с.
2. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1986. – 351 с.
3. Белкин, Н. М. Допуски и посадки / Н. М. Белкин. – М.: Машиностроение, 1992. – 527 с. – ISBN 5-217-001319-2.
4. Зябрева, Н. М. Пособие к решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» / Н. М. Зябрева, Е. И. Перельман, М. Я. Шегел. – М.: Высш. шк., 1977. – 207 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНАМ
«МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»,
«ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН».
Тема «Расчет и выбор посадок шпоночных соединений»

Составители

ОРЛОВ Юрий Анатольевич

ОРЛОВ Дмитрий Юрьевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор А.Г. Сергеев

Редактор А.П. Володина

Корректор Е.В. Афанасьева

Компьютерный набор Д.Ю. Орлова, А.Н. Ложкина

Компьютерная верстка Е.Г. Радченко

ЛР № 020275. Подписано в печать 08.09.05.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.

Печать на ризографе. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1,04. Тираж 150 экз.

Заказ №

Издательство

Владимирского государственного университета

600000, Владимир, ул. Горького, 87.