

№ 1077

МИСиС

А.Н. Веремеевич

Метрология, стандартизация и сертификация

Допуски и посадки типовых соединений
и зубчатых передач. Размерные цепи

Учебное пособие

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1077

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ
И СПЛАВОВ

МИСиС



Кафедра машин и агрегатов металлургического
производства

А.Н. Веремеевич

Метрология, стандартизация и сертификация

**Допуски и посадки типовых соединений
и зубчатых передач. Размерные цепи**

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением
по образованию в области металлургии в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по специальности
Металлургические машины и оборудование

УДК 621.83:006
В31

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *А.М. Галкин*

Веремеевич А.Н.

В31 Метрология, стандартизация и сертификация. Допуски и посадки типовых соединений и зубчатых передач. Размерные цепи: Учеб. пособие. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. – 121 с.

ISBN 978-5-87623-236-6

Рассмотрены назначения допусков и посадок на типовых применяемых соединениях, а также представлены методы расчетов размерных цепей.

Пособие предназначено для студентов специальностей 150404 «Металлургические машины и оборудование» и 150106 «Обработка металлов давлением». Может быть использовано при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 621.83:006

ISBN 978-5-87623-236-6

© Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (МИСиС), 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Допуски на угловые размеры.взаимозаменяемость конических соединений	5
1.1. Основные сведения.....	5
1.2. Системы допусков и посадок на угловые размеры и конические соединения.....	8
1.3. Виды конических соединений.....	11
1.4. Система допусков и посадок для конических соединений.....	13
1.5. Допуски и посадки конических соединений.....	16
1.6. Методы и средства измерения и контроля углов и конусов	20
2. Стандартизация точности резьбовых соединений	22
2.1. Классификация резьбовых поверхностей.....	22
2.2. Основные параметры, ограничиваемые допусками	23
2.3. Общие принципы обеспечения взаимозаменяемости цилиндрических резьб.....	26
2.4. Посадки с зазором для метрической резьбы	27
2.4.1. Основные отклонения	27
2.4.2. Область применения основных отклонений	29
2.4.3. Градация точности резьбовых соединений	29
2.4.4. Схемы расположения полей допусков.....	32
2.5. Резьбовые соединения с натягом	33
2.6. Переходные посадки	36
2.7. Методы и средства контроля и измерения точности цилиндрических резьб.....	37
3. Система посадок для цилиндрических зубчатых колес.....	41
3.1. Общие сведения	41
3.2. Классификация передач и основные понятия зубчатого зацепления	41
3.3. Функциональные предпосылки нормирования точности зубчатых передач.....	46
3.4. Стандартизация точности цилиндрических зубчатых колес и передач	47
3.5. Виды сопряжений зубьев колес в передаче	49
3.6. Кинематическая точность передачи	51
3.7. Нормирование параметров кинематической точности	54
3.8. Нормирование параметров плавности работы передачи	55
3.9. Методы и средства контроля зубчатых передач.....	57

4. Размерные цепи	61
4.1. Классификация размерных цепей. Основные термины и определения.....	61
4.2. Основные понятия	75
4.3. Методы достижения точности замыкающего звена.....	77
4.4. Порядок построения размерных цепей.....	79
4.5. Задачи и методы расчета размерных цепей	81
4.6. Основные уравнения размерной цепи и способы назначения знаков предельных отклонений	82
4.7. Метод расчета размерных цепей, обеспечивающий полную взаимозаменяемость.....	86
4.8. Расчет линейных размерных цепей теоретико-вероятностным методом	93
4.9. Особенности расчета динамических размерных цепей	112
4.10. Расчет зависимых допусков размеров, определяющих расположение осей отверстий	116
Библиографический список.....	120

1. ДОПУСКИ НА УГЛОВЫЕ РАЗМЕРЫ.ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1. Основные сведения

Конусные соединения всевозможных видов (плоские и круглые), а также детали с угловыми размерами имеют разные назначения. Конусные соединения применяются: для крепления отдельных деталей у штифтов, шкворней; для крепления различных инструментов (сверл, разверток, зенкеров, фрез и т.д.); для крепления быстросменных оправок и устройств; для подвижных центровых соединений по типу подшипников трения скольжения; в роликовых конических подшипниках трения качения; в тягосцепных устройствах системы крюк–петля, устанавливаемых на грузовых автомобилях, гусеничных и колесных тягачах; для соединения роторов электродвигателей с деталями передач и т.д.

Угловые размеры широко используют при конструктивном оформлении деталей и в конических соединениях. Во многих случаях эти размеры являются независимыми (фаски, сколы, штамповочные и литейные уклоны), т.е. не связанными расчетными зависимостями с другими принятыми линейными и угловыми параметрами.

Для измерения углов используют несколько систем. Международная система единиц СИ является предпочтительной. На основании ее рекомендаций в ГОСТ 8.417–81 «Единицы физических величин» за единицу измерения плоского угла принят *радиан*, а телесного – *стерадиан*. Углом в один радиан называется плоский угол между двумя радиусами круга, вырезающий из окружности дугу, длина которой равна радиусу. Стерадиан – это центральный телесный угол, который вырезает из поверхности сферы площадь, численно равную квадрату радиуса.

Самой распространенной остается основанная на древней шестидесятеричной системе счисления градусная мера, единицы которой градус (°), минута (') и секунда (") предусмотрены ГОСТ 7664–61. В этой системе *градусом* называется плоский угол, равный 1/360 части центрального угла, опирающегося на полную окружность. Градус равен 60 минутам, а минута – 60 угловым секундам.

При этом радиан равен $57^{\circ}17'44,8''$. Градус равен $\frac{\pi}{180}$ рад = $1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад и делится на 60 мин, а минута

$\frac{\pi}{10\,800}$ рад = $2,908882 \cdot 10^{-4}$ рад и делится на 60 с, секунда равна

$\frac{\pi}{648\,000}$ рад = $4848137 \cdot 10^{-6}$ рад.

Рекомендуемые для применения кратные и дольные угловые единицы от единиц СИ: мрад (миллирадиан) и мкрад (микрорадиан).

Радианная система очень удобна в расчетах, но ее применение при изготовлении и контроле изделий затруднено, так как пока не выпускаются приборы, градуированные в радианах.

Для угловых размеров, выраженных в градусах, минутах и секундах, с целью ограничения количества применяемых угловых размеров (ГОСТ 8908–81) установлены три предпочтительных ряда номинальных значений углов, называемых «нормальные углы» (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Ряды номинальных значений углов

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°				10°				70°
		0°15′			12°		75°	
	0°30′		15°					80°
		0°45′			18°			85°
	1°			20°		90°		
		1°30′			22°			100°
	2°				25°			110°
		2°30′	30°			120°		
	3°				35°			135°
	4°			40°				150°
5°			45°					165°
	6°				50°			180°
	7°				55°			270°
	8°		60°					360°
		9°			65°			

При измерении конусов углы измеряются величиной и конусностью, при измерении уклонов призматических элементов деталей углы измеряются в мкм/мм, мм/мм. Все нормальные углы, применяемые при конструировании, можно разделить на три группы:

нормальные углы общего назначения – наиболее распространенная группа, к которой относятся нормальные углы в плоскости, углы конусов и уклонов, углы призматических элементов (рис. 1.1, б);

нормальные углы специального назначения – ограниченно применяются в стандартизованных специальных деталях;

специальные углы – к ним относятся, во-первых, углы, размеры которых связаны расчетными зависимостями с другими принятыми размерами и которые нельзя округлить до нормальных углов; во-вторых, углы, определяемые специфическими эксплуатационными или технологическими требованиями.

Допуски углов конусов и призматических элементов деталей с длиной, меньшей стороны угла до 2500 мм, и ряда нормальных углов установлены ГОСТ 8908–81.

Допуском угла называется разность между наибольшим и наименьшим предельными углами; она обозначается АТ (англ. angl tolerance –угловой допуск).

Особенность угловых размеров заключается в том, что точность угла в значительной степени зависит от длины сторон, образующих этот угол. И в процессе изготовления, и при измерении, чем меньше длина стороны угла, тем труднее выполнить точный угол и тем труднее его точно измерить. Исходя из этих особенностей при нормировании точного угла величина допуска задается в зависимости от длины меньшей стороны угла номинального значения.

Конус – обобщенный термин, под которым понимают коническую поверхность, коническую деталь или конический элемент детали. Конус называют наружным, когда деталь или ее элемент имеют коническую наружную (внешнюю) поверхность, внутренним – когда коническая поверхность внутренняя.

Под основанием конуса понимают окружность, образованную пересечением конической поверхности с перпендикулярными плоскостями, ограничивающими его в осевом направлении.

Конус (наружный, внутренний) характеризуется диаметром большого основания D (рис. 1.1, а), диаметром малого основания d , углом конуса α , углом уклона $\alpha/2$, длиной конуса L .

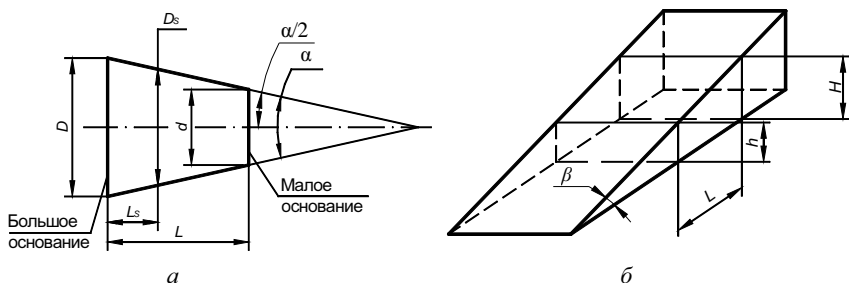


Рис. 1.1. Основные размеры:
 a – конуса; b – призматического элемента

1.2. Системы допусков и посадок на угловые размеры и конические соединения

Допуски углов призматических элементов деталей и углов конусов установлены ГОСТ 8908–81. Угловые допуски задаются в зависимости от номинальной длины конуса (при конусности $C \leq 1:3$) или в зависимости от длины образующего конуса L_1 (при $C > 1:3$, т.е. для $\alpha \geq 30^\circ$); для призматических элементов деталей – всегда в зависимости от длины меньшей стороны угла, обозначаемой L_1 .

ГОСТ 8908–81 устанавливает 17 степеней точности допусков углов: 1, 2, 3, ..., 17. При обозначении допуска угла заданной точности к обозначению допуска угла АТ добавляют номер соответствующей степени точности: АТ1, АТ2, ..., АТ17. Допуск угла при переходе от одной степени точности к другой изменяется по геометрической прогрессии со знаменателем $\varphi = 1,6$. При необходимости допуски точнее степени точности 1 (т.е. 0; 0,1) могут быть получены последовательным делением допусков степени точности 1 на 1,6.

Степень точности 5 в производственных условиях устанавливают для наружных конусов (конусные калибры-пробки); 6 – для внутренних конусов, конусные калибры – втулки). Степени 7 и 8 используют для изделий высокой точности (конусы инструментов, конические концы валов и осей для тщательно центрируемых деталей и т.д.); степени 10–12 применяют для нормальной точности (центровые гнезда и центры, угловые и пазы в направляющих); степени 13–15 – в деталях пониженной точности, степени 16, 17 – для свободных размеров.

Стандартом для каждой степени точности установлены четыре вида допусков на угловые размеры (рис. 1.2):

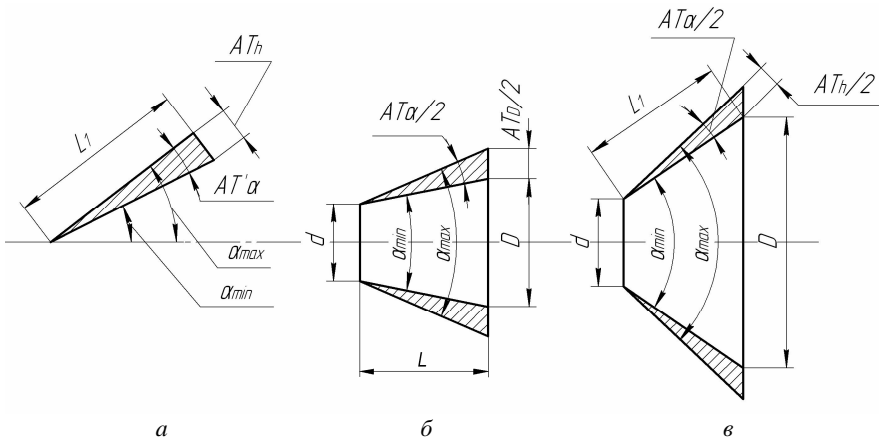


Рис. 1.2. Расположения полей допусков углов и конусов:
 а – пуск угла; б – конусность $C \leq 1:3$; в – конусность $C > 1:3$

1) $AT\alpha$ – допуск угла, выраженный в радианной мере (например, $AT17 = 80\ 000$ мкрад), и соответствующее ему точное значение в градусной мере (например, $AT17 = 40^\circ 35' 01''$);

2) $AT\alpha'$ – допуск, выраженный в градусной мере, но с округленным значением по сравнению с выражением в радианной мере. Таким образом, угол 17-й степени точности будет равен $AT17 = 40$. На чертежах рекомендуется указывать округленный допуск угла;

3) допуск угла AT_h , выраженный отрезком на перпендикуляре к стороне угла, противолежащего углу $AT\alpha$ на расстоянии L_1 от вершины этого угла, практически этот отрезок равен длине дуги с радиусом L_1 , стягивающей угол $AT\alpha$;

4) допуск угла конуса ATD , выраженный допуском на разность размеров в двух нормальных к оси конуса сечениях на заданном расстоянии L между ними, определяется по перпендикуляру к оси конуса.

Допуски углов назначают: для конусов с конусностью не более 1:3 – в зависимости от длины конуса L ; для конусов с конусностью свыше 1:3 – в зависимости от длины образующей конуса L_1 ; для углов призматических элементов – в зависимости от длины меньшей стороны угла.

Значение допуска AT_h определяют по формуле

$$AT_h = AT\alpha L_1 \cdot 10^{-3},$$

где AT_h – в мкм; $AT\alpha$ – в мкрад; L_1 – в мм.

Для конусов с конусностью не более 1:3 принимают $L_1 = L$ и назначают допуски АТD; значение $АТD \approx АТ_h$ (разность не превышает 2 %).

Для конусов с конусностью более 1:3 значение допуска АТD определяют по формуле

$$АТD = АТ_h / \cos \alpha / 2,$$

где α – номинальный угол конуса.

Допуски углов призматических элементов деталей должны назначаться в зависимости от номинальной длины L_1 меньшей стороны угла (рис. 1.2, а).

Допуски углов могут быть расположены в плюсовую сторону (+АТ), в минусовую (-АТ) или симметрично ($\pm АТ$) относительно номинального угла (рис. 1.3).

При любом расположении поля допуска отклонения угловых размеров отсчитываются от номинального размера угла. Типы расположения полей допусков для угла призматического элемента представлены на рис. 1.3, а для угла конуса – на рис. 1.4.

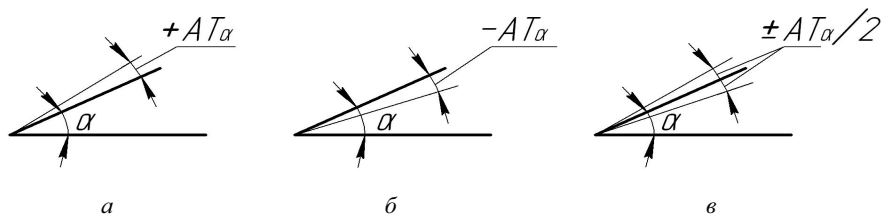


Рис. 1.3. Типы расположения полей допусков для угла призматического элемента:

а – $(\alpha + АТ\alpha)$; б – $(\alpha - АТ\alpha)$; в – $(\alpha \pm АТ\alpha/2)$

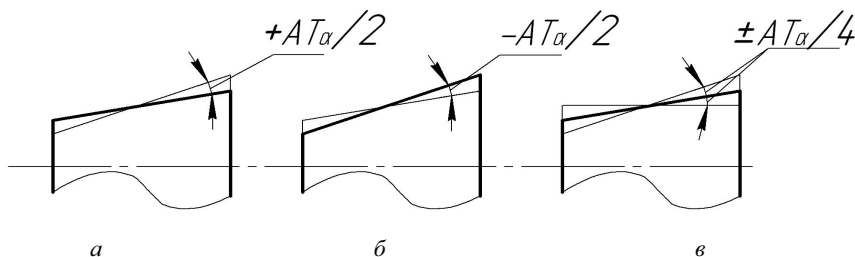


Рис. 1.4. Типы расположения полей допусков для угла конуса:

а – $(\alpha + АТ\alpha)$; б – $(\alpha - АТ\alpha)$; в – $(\alpha \pm АТ\alpha)$

ГОСТ 25670–83 устанавливает предельные отклонения размеров на гладкие элементы металлических деталей машин, обрабатываемых резанием, если эти отклонения не указываются непосредственно у размеров, а оговариваются общей записью (неуказанные предельные отклонения размеров). Числовые значения неуказанных предельных отклонений углов устанавливаются в зависимости от качества или класса точности и для классов от 12 до 16-го и 17-го должны соответствовать приведенным в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Неуказанные предельные отклонения линейных размеров

Неуказанные предельные отклонения линейных размеров		Интервалы длин меньшей стороны угла, мм									
		До 10		От 10 до 40		От 40 до 160		От 160 до 630		От 630 до 25 000	
		Предельные отклонения углов									
По классам	По классам	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
От 12 до 16	Точный, средний, грубый	±1	±1,8	±30	±0,9	±20	±0,6	±10	±0,3	±5	±0,15
17	Очень грубый	±2	±3,6	±1	±1,8	±40	±1,2	±20	±0,6	±10	±0,30

Примечание: В графах «Предельные отклонения углов»: 1 – в угловых единицах; 2 – в миллиметрах на 100 мм длины.

1.3. Виды конических соединений

Конические соединения получили широкое распространение в машиностроении благодаря следующим своим свойствам: герметичности; самоцентрируемости; высокой прочности и напряженности соединений; возможности легкого регулирования зазора и натяга при изменении осевого расположения деталей; способности обеспечивать передачу больших усилий (при неподвижных соединениях).

Коническое соединение – соединение наружного и внутреннего конусов, имеющих одинаковые номинальные углы конусов, которые характеризуются большим диаметром D , малым диаметром d , длиной L конического соединения и базорасстоянием соединения z_p (расстоянием между принятыми базами конусов).

В осевом сечении конического соединения и отдельных конусов различают угол конуса α и угол уклона $\alpha/2$. Вместо этих углов часто используют понятия «уклон i » и «конусность C »: