

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет



КОНТРОЛЬ УГЛОВ И КОНУСОВ

Методические указания

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
"Взаимозаменяемость, стандартизация и
технические измерения"
для студентов машиностроительных специальностей
дневной и заочной форм обучения

Заказ № _____ от « _____ » _____ 2007. Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ

Севастополь
2007

УДК 531.74

Контроль углов и конусов: Метод. указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения" /Разраб. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, А.И. Балакин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 36 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выборе измерительных средств и в приобретении практических навыков измерения и контроля углов и конусов. В методических указаниях изложены краткие теоретические сведения о нормировании точности, методиках проведения измерений и средствах измерения и контроля углов и параметров конусов.

Методические указания предназначены для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры "Автоматизированные приборные системы" 27 апреля 2007 г., протокол № 9.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: С.П. Волков, канд. техн. наук, доц. кафедры "Автоматизация технологических процессов и производств".

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

Таблица В.1 – Средства поэлементного контроля конусов изделий и калибров

№ п/п	Наименование измерительного средства	Вид калибра	Контролируемые калибры	Степень точности допуска изделия
			Наименование и обозначение конусов	
Средства контроля отклонений угла конуса				
1	Пневматический прибор для внутреннего конуса	Втулки	Морзе 0 – 5 Конусы с конусностью 7:24 №35–55	АТ6–АТ8 АТ4–АТ7
2	Пневматический прибор для наружного конуса	Пробки	Морзе 0 – 5 Конусы с конусностью 7:24 №35–55	АТ4–АТ8 АТ4–АТ7
3	Синусная линейка L=200 мм кл. 1 Концевые меры кл. 2 Головка измерительная пружинная с ценой деления 1 мкм Плита поверочная кл. 0	Пробки	Метрические 4,6; Морзе 0–5; укороченные В7–В45 Конусы 7:24 №30–40	АТ6–АТ8 АТ6, АТ7
4	Синусная линейка L=300 мм кл. 1 Концевые меры кл. 2 Головка измерительная пружинная с ценой деления 0,5 мкм Плита поверочная кл. 0	Пробки	Метрические 4,6; 80–200; Морзе 0–6; укороченные В7–В45 Конусы 7:24 №45–60	АТ4–АТ8 АТ6, АТ7
5	Синусная линейка L=300 мм кл. 1 Концевые меры кл. 2 Головка измерительная рычажно-пружинная Плита поверочная кл. 0	Втулки	Метрические 4,6; 80–200; Морзе 0–6; укороченные В7–В45 Метрические 100–200; укороченные В18–В45 Конусы 7:24 №30–60	АТ7, АТ8 АТ6 АТ6, АТ7
6	Синусная линейка L=300 мм кл. 1 Концевые меры кл. 3 Головка измерительная пружинная с ценой деления 0,5 мкм Плита поверочная кл. 0 (Метод сравнения с образ. калибром)	Пробки	Конусы 7:24	АТ4, АТ5
7	Прибор с синусным столом То же, при трехкратном измерении с перестановкой калибра То же, при десятикратном измерении с перестановкой калибра	Пробки и втулки	Метрические 4,6; 80; Морзе 0–6; укороченные В7–В45 Метрические 4,6; 80; Морзе 0–6; укороченные В7–В45 Конусы с конусностью 7:24 Конусы с конусностью 7:24	АТ6–АТ8 АТ4–АТ8 АТ4–АТ7 АТ3
Средства контроля отклонений от прямолинейности образующих				
8	Линейки поверочные лекальные с двусторонними скосами типа ЛД кл. 0	Пробки	Морзе 0 – 5	АТ6, АТ6
9	Прибор для контроля прямолинейности образующих	Пробки	Морзе 2 – 4; укороченные В32 – В45 Морзе 5 Конусы с конусностью 7:24 №35 – 50 Конусы с конусностью 7:24 №55	АТ5 – АТ7 АТ6, АТ7 АТ3 – АТ7 АТ4 – АТ7
10	Прибор с синусным столом	Пробки и втулки	Метрические 4,6; 80; Морзе 0 – 6; укороченные В7 – В45 Конусы с конусностью 7:24 №30 – 45 №50 – 60	АТ5 – АТ7 АТ5 АТ4 – АТ5
Средства контроля отклонений от круглости поперечных сечений				
11	Кругломеры (любая станковая модель)	Пробки и втулки	Метрические 4,6; 80 – 200 Морзе 0 – 6; укороченные В7 – В45 Конусы с конусностью 7:24	АТ4 – АТ8 АТ3 – АТ7

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работ	4
2. Общие сведения об угловых размерах и конусах	4
2.1. Нормирование точности углов	4
2.2. Нормирование точности конусов	6
3. Средства измерения и контроля углов и конусов	11
4. Лабораторная работа №1. Измерение углов угломерами	19
5. Лабораторная работа №2. Определение конусности внутренних конусов двумя шариками	20
6. Лабораторная работа №3. Измерение углов синусной линейкой	23
7. Контрольные вопросы	26
Библиографический список	27
Приложение А	29
Приложение Б	33
Приложение В	35

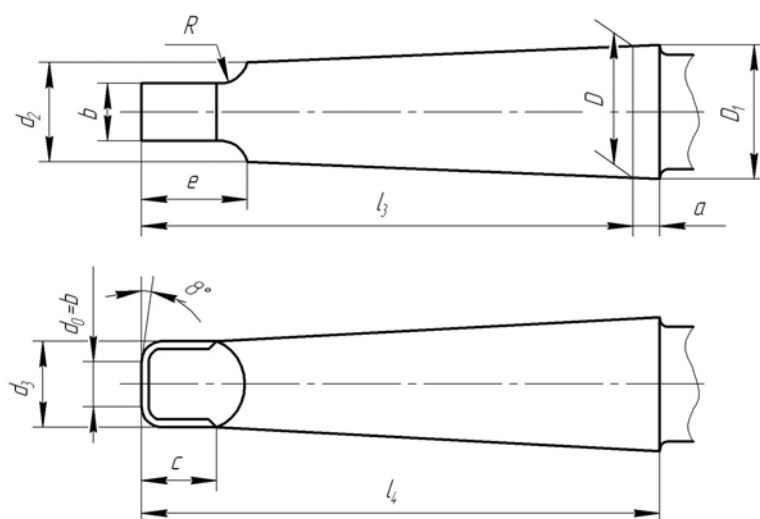
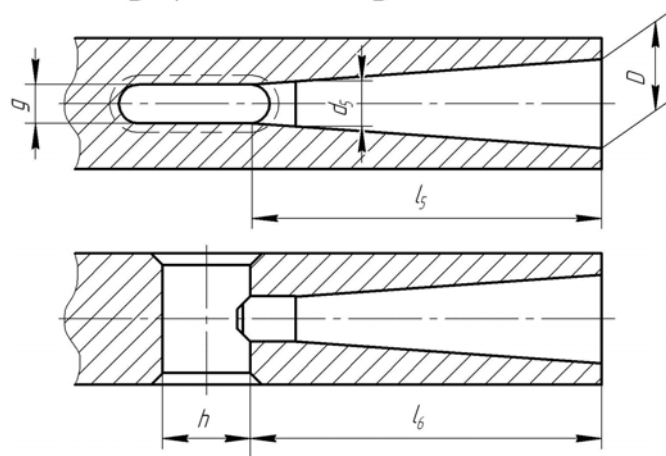
Наружные конусы с лапкой*Внутренние конусы с лапкой*

Рисунок Б.1 – Инструментальные конусы

1. ЦЕЛЬ РАБОТ

Выбор и обоснование методов и средств измерений углов и конусов деталей. Изучение принципов действия этих средств. Определение годности деталей по результатам измерений соответствующего параметра.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УГЛОВЫХ РАЗМЕРАХ И КОНУСАХ

2.1. Нормирование точности углов

Самой распространенной системой измерения углов является градусная, основанная на древней шестидесятеричной системе счисления, единицы которой – градус (°), минута (') и секунда (").

В современном машиностроении используют дополнительную угловую единицу – радиан. Углом в один радиан называют плоский угол между двумя радиусами круга, вырезающий из окружности дугу, длина которой равна радиусу этого круга. Радианная система измерения углов очень удобна в расчетах, но её применение при изготовлении и контроле изделий затруднительно, так как отсутствуют приборы, проградуированные в радианах.

Для угловых размеров, так же как и линейных, существуют ряды нормальных углов, которые устанавливает ГОСТ 8908-81 (приложение А) [1]. Однако в отношении углов это понятие используется значительно реже, поскольку при разработке элементов деталей с угловыми размерами значение угла часто получается либо расчетным путем для обеспечения определенных функций разрабатываемой конструкции механизма, либо определяется необходимым расположением функциональных узлов. Поэтому для угловых размеров реже приходится пользоваться понятием нормального угла.

В отношении угловых размеров также используется понятие допуска, аналогичное допуску на линейный размер.

Допуском угла (рисунок 1) называется разность между наибольшим и наименьшим предельными допускаемыми углами. Допуск угла обозначается АТ (сокращение от английского выражения Angle Tolerance – угловой допуск)[2,3].

При нормировании точности угловых размеров не применяется понятие "отклонение", а предусматривается, что допуск может быть расположен по-разному относительно номинального значения угла. Допуск может быть расположен в плюсовую сторону от номинального угла (+АТ), или в минусовую (-АТ), или же симметрично относительно него ($\pm$ АТ/2). Естественно, что в первом случае нижнее, а во втором случае верхнее отклонения равны нулю, т. е. соответствуют случаям отклонений как для основного отверстия и основного вала при нормировании точности линейных размеров.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

Таблица Б.1 – Размеры инструментальных конусов, мм (по ГОСТ 25557-82)

Наименование конуса			Метрический		Морзе							Метрический				
Обозначение конуса			4	6	0	1	2	3	4	6	6	80	100	120	160	200
Конусность			1: 20=0,05		1: 19,212=0,05205	1: 20,047=0,04988	1: 20,020=0,04995	1: 19,992=0,05020	1: 19,254=0,05194	1: 19,002=0,05263	1: 19,180=0,05214	1: 20=0,05				
D			4	6	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348	80	100	120	160	200
Наружный конус	a	2	3	3	3,5	5			6,5		8	8	10	12	16	20
	D ₁ *	4,1	6,2	9,2	12,2	18	24,1	31,6	44,7	63,8	80,4	100,5	120,6	160,8	201,6	251,2
	d ₂ *	—	—	6,1	9	14	19,1	25,2	36,5	52,4	69	87	105	141	177	224
	d _{3max} **	—	—	6	8,7	13,5	18,5	24,5	35,7	51	67	85	102	138	174	220
	l _{3max}	—	—	56,5	62	75	94	117,5	149,5	210	220	260	300	380	460	580
	l _{4max}	—	—	59,5	65,5	80	99	124	156	218	228	270	312	396	480	600
	b	—	—	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19	26	32	38	50	62	78
	c	—	—	6,5	8,5	10	13	16	19	27	24	28	32	40	48	60
	e _{max}	—	—	10,5	13,5	16	20	24	29	40	48	58	68	88	108	138
R _{max}	—	—	4	5	6	7	8	10	13	24	30	36	48	60	78	100
Внутренний конус	d ₅	3	4,6	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,6	71,5	90	108,5	145,5	182	230
	l _{5min}	25	34	52	56	67	84	107	135	188	202	240	276	350	424	540
	l ₆	21	29	49	52	62	78	98	125	177	186	220	254	321	388	496
	g	2,2	3,2	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19	26	32	38	50	62	78
	h	8	12	15	19	22	27	32	38	47	52	60	70	90	110	140

* Размеры D₁ и d₂, являются теоретическими и зависят от диаметра и зависят от номинальных размеров a и l₃

** Диаметр лапки d₃ может по длине превышать размер с при условии, что c_{max}=e

Пример условного обозначения конуса Морзе 3 степени точности АТ8:

Морзе 3 АТ8 ГОСТ 25557-82

То же, метрического конуса 160, степени точности АТ7:

Метр. 160 АТ7 ГОСТ 25557-82

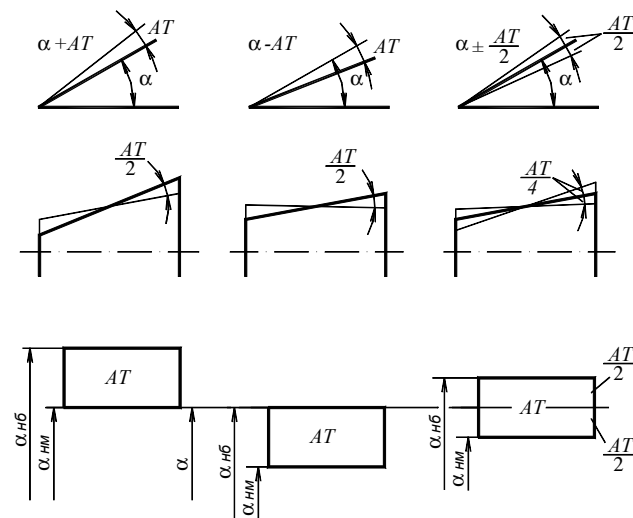
Предельные отклонения размеров конусов — по ГОСТ 2448-75

Таблица А.4 – Поля допусков диаметров конусов (по ГОСТ 25347-89)

Квалитет допуска Γ_D или Γ_{FS}	Наружные конусы																Внутренние конусы		
	Основное отклонение																		
	d	c	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z	H	JS	N
	Поле допуска																		
01					h01	js01*											H01*	JS01*	
0					h0*	js0*											H0*	JS0*	
1					h1*	js1*											H1*	JS1*	
2					h2*	js2*											H2*	JS2*	
3					h3*	js3*											H3*	JS3*	
4				g4	h4	js4	k4	m4	n4								H4	JS4	
5				g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5					H5	JS5	
6			f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6				H6	JS6	
7		e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7			s7		u7			H7	JS7	
8	d8	e8	f8		h8	js8**	k8**							u8	x8	z8	H8	JS8**	
9	d9	e9	f9		h9	js9**	k9**										H9	JS9**	N9**
10					h10**	js10**	k10**										H10**	JS10**	N10**
11					h11**	js11**	k11**										H11**	JS11**	N11**
12					h12**	js12**	k12**										H12**	JS12**	N12**
13					h13*	js13*											H13*	JS13*	
14					h14*	js14*											H14*	JS14*	
15					h15*	js15*											H15*	JS15*	
16					h16*	js16*											H16*	JS16*	
17					h17*	js17*											H17*	JS17*	

Примечания:

1. Для внутренних конусов с номинальными диаметрами до 3 мм вместо полей допусков N9-N12 должны применяться соответственно поля допусков K9-K12.
2. * - поля допусков, как правило, не предназначенные для посадок.
3. ** - поля допусков, предназначенные, как правило, только для посадок с фиксацией по заданному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения или по заданному осевому усилию.

Рисунок 1 – Расположение допуска на угловые размеры относительно номинального значения угла: α - номинальный угол

Особенность изготовления и измерения угловых размеров заключается в том, что точность угла в значительной мере зависит от длины сторон, образующих этот угол. При нормировании требований к точности значение допуска угла задается в зависимости от длины меньшей стороны, образующей угол, а не от значения номинального угла.

С учетом того, что значение угла можно выразить разными способами, значения допуска выражается по-разному (ГОСТ 8908-81) и используется соответствующее обозначение (рисунок 2):

AT_α - допуск, выраженный в радианной мере, и соответствующее ему точное значение в градусной мере;

AT'_α - допуск, выраженный в градусной мере, но с округленным значением по сравнению с радианным выражением;

AT_h - допуск, выраженный в линейной мере длиной отрезка на перпендикуляре к концу меньшей стороны угла.

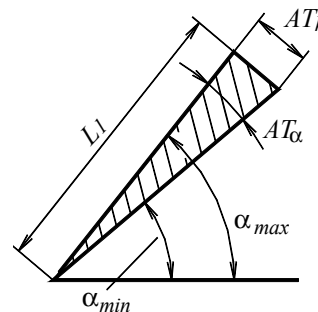


Рисунок 2 – Способы задания допуска на угловые размеры

Связь между допусками в угловых и линейных единицах выражается зависимостью

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

где AT_h измеряется в мкм, AT_α - в мкрад; L_1 - длина меньшей стороны угла в мм. Этой формулой можно пользоваться и при пересчете отклонений угла в радианной мере к значениям угла в линейной мере.

В ГОСТ 8908-81 установлены 17 рядов точности, названных степенями точности (с 1 по 17). Обозначение точности производится указанием условного обозначения допуска на угол и степени точности например, AT5, AT7.

2.2. Нормирование точности конусов

Термины и определения понятий в области конусов и конических соединений ДСТУ 2499-94 [4].

Размеры конусов могут задаваться различными способами. Конические поверхности характеризуются четырьмя основными параметрами (D , d , L и α), три из которых независимые, а четвертый можно вычислить (рисунок 3).

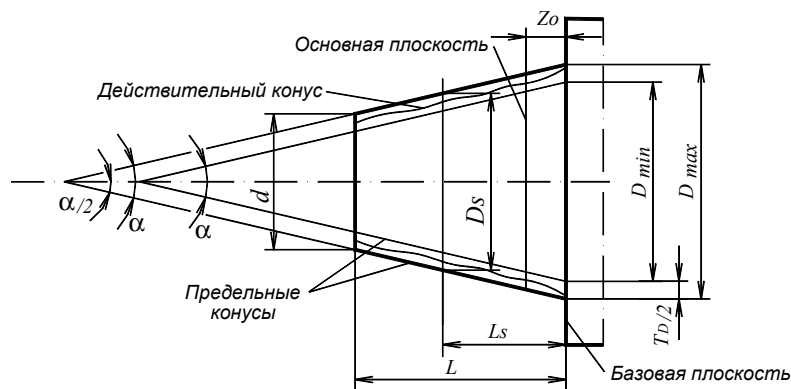


Рисунок 3 – Геометрические параметры конического элемента детали

Линейные размеры задаются диаметром большого основания D , диаметром малого основания d и длиной конуса L , под которой обычно понимается расстояние между основаниями усеченного конуса.

Угловые размеры конуса могут указываться несколькими вариантами. Угол конуса α - угол между образующими конуса в сечении конуса плоскостью, проходящей через ось конуса.

Часто вместо угла конуса указывается угол наклона $\alpha/2$, т. е. угол между образующей и осью конуса. Углы конуса и уклона задаются в градусной мере.

Продолжение таблицы А.3

Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности								
	AT12			AT13			AT14		
	AT_α	AT'_α	$AT_h(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_h(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_h(AT_D)$
	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм
До 10	8000	26'	...80	12500	40	...125	20000	1°	...200
Св.10 до 16	6300	20'	63...100	10000	32'	100...160	16000	50'	160...250
» 16 » 25	5000	16'	80...125	8000	26'	125...200	12500	40'	200...320
» 25 » 40	4000	12'	100...160	6300	20'	160...250	10000	32'	250...400
» 40 » 63	3150	10'	125...200	5000	16'	200...320	8000	26'	320...500
» 63 » 100	2500	8'	160...250	4000	12'	250...400	6300	20'	400...630
» 100 » 160	2000	6'	200...320	3150	10'	320...500	5000	16'	500...800
» 160 » 250	1600	5'	250...400	2500	8'	400...630	4000	12'	630...1000
» 250 » 400	1250	4'	320...500	2000	6'	500...800	3150	10'	800...1250

Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности								
	AT15			AT16			AT17		
	AT_α	AT'_α	$AT_h(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_h(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_h(AT_D)$
	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм
До 10	31500	1°40'	...320	50000	2°	...0,5	80000	4°	...0,8
Св.10 до 16	25000	1°20'	250...400	40000	1°	0,4...0,63	63000	2°	6,3...1
» 16 » 25	20000	1°	320...500	31500		0,5...0,8	50000		0,8...1,25
» 25 » 40	16000	50'	400...630	25000		0,63...1	40000		1...1,6
» 40 » 63	12500	40'	500...800	20000		0,8...1,25	31500		1,25...2
» 63 » 100	10000	32'	630...1000	16000	40'	1...1,6	25000	1°20'	1,6...2,5
» 100 » 160	8000	26'	800...1250	12500		1,25...2	20000		2...3,2
» 160 » 250	6300	20'	1000...1600	10000		1,6...2,5	16000		2,5...4
» 250 » 400	5000	16'	1250...2000	8000		2...3,2	12500		3,2...5

Таблица А.3 – Допуски углов (по ГОСТ 8908-81)

Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности											
	AT1			AT2			AT3			AT4		
	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$
	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм
До 10	50	10"	...0,5	80	16"	...0,8	125	26"	...1,3	200	40"	...2,0
Св.10до16	40	8	0,4...0,6	63	12"	0,6...1,0	100	20"	1,0...1,6	160	32"	1,6...2,5
» 16 » 25	31,5	6"	0,5...0,8	50	10"	0,8...1,3	80	16"	1,3...2,0	125	26"	2,0...3,2
» 25 » 40	25	5"	0,6...1,0	40	8"	1,0...1,6	63	12"	1,6...2,5	100	20"	2,5...4,0
» 40 » 63	20	4"	0,8...1,3	31,5	6"	1,3...2,0	50	10"	2,0...3,2	80	16"	3,2...5,0
» 63 » 100	16	3"	1,0...1,6	25	5"	1,6...2,5	40	8"	2,5...4,0	63	12"	4,0...6,3
» 100 » 160	12,5	2,5"	1,3...2,0	20	4"	2,0...3,2	31,5	6"	3,2...5,0	50	10"	5,0...8,0
» 160 » 250	10	2"	1,6...2,5	16	3"	2,5...4,0	25	5"	4,0...6,3	40	8"	6,3...10,0
» 250 » 400	8	1,5"	2,0...3,2	12,5	2,5"	3,2...5,0	20	4"	5,0...8,0	31,5	6"	8,0...12,5
Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности											
	AT5			AT6			AT7			AT8		
	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$
	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм
До 10	315	1'	...3,2	500	1'40"	...5	800	2'30"	...8	1250	4'	...12,5
Св.10до16	250	50"	2,5...4	400	1'20"	4...6,3	630	2'	6,3...10	1000	3'	10...16
» 16 » 25	200	40"	3,2...5	315	1'	5...8	500	1'40"	8...12,5	800	2'30"	12,5...20
» 25 » 40	160	32"	4...6,3	250	50"	6,3...10	400	1'20"	10...16	630	2'	16...23
» 40 » 63	125	26"	5...8	200	40"	8...12,5	315	1'	12,5...20	500	1'40"	20...32
» 63 » 100	100	20"	6,3...10	160	32"	10...16	250	50"	16...25	400	1'20"	25...40
» 100 » 160	80	16"	8...12,5	125	26"	12,5...20	200	40"	20...32	315	1'	32...50
» 160 » 250	63	12"	10...16	100	20"	16...25	160	32"	25...40	250	50"	40...63
» 250 » 400	50	10"	12,5...20	80	16"	20...32	125	23"	32...50	200	40"	50...80
Интервал длин $L, L_1, \text{мм}$	Степень точности											
	AT9			AT10			AT11					
	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$	AT_α	AT'_α	$AT_H(AT_D)$			
	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм	мкрад	с	мкм			
До 10	2000	6'	...20	3150	10'	...32	5000	16'	...50			
Св.10до16	1600	5'	16...25	2500	8'	25...40	4000	12'	40...63			
» 16 » 25	1250	4'	20...32	2000	6'	32...50	3150	10'	50...80			
» 25 » 40	1000	3'	25...40	1600	5'	40...63	2500	8'	63...100			
» 40 » 63	800	2'30"	32...50	1250	4'	50...80	2000	6'	80...125			
» 63 » 100	630	2'	40...63	1000	3'	63...100	1600	5'	100...160			
» 100 » 160	50	1'40"	50...80	8000	2'30"	80...125	1250	4'	125...200			
» 160 » 250	400	1'20"	63...100	630	2'	100...160	1000	3'	160...250			
» 250 » 400	315	1'	80...125	500	1'40'	125...200	800	2'30"	200...320			

Допуск угла конуса это разность между наибольшим и наименьшим предельными (допускаемыми) углами конуса.

Допуск угла конуса может быть выражен в угловых единицах AT_α или линейных единицах TD (рисунок 3). При этом TD - допуск, относящийся только к углу конуса и выраженный в линейной мере как разность диаметров на заданном расстоянии между сечениями конуса плоскостями, перпендикулярными к оси конуса.

Допуск формы конуса определяется допуском круглости поперечного сечения конуса TFR (рисунок 4) и допуском прямолинейности образующей конуса TFL (рисунок 5).

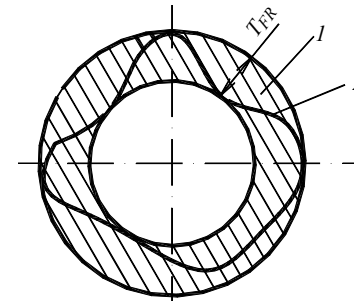


Рисунок 4 – Допуск круглости поперечного сечения конуса:
1-поле допуска круглости;
2- реальный профиль

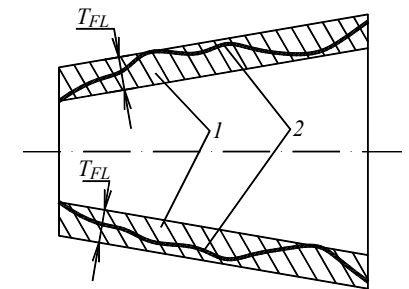


Рисунок 5 – Допуск прямолинейности образующей конуса:
1-поле допуска прямолинейности;
2- реальный профиль

Для конусов допуск задается чаще всего в зависимости от длины образующей. Когда угол конуса небольшой (конусность не более 1:3), допуск задается в зависимости от длины конуса.

Для стандартизованных конических соединений размеры конуса указывают чаще всего через понятие "конусность".

Конусность C - отношение разности диаметров большого и малого основания к длине конуса, т. е. $C = (D - d) / L = 2 \operatorname{tg}(\alpha / 2)$.

Конусность может быть задана и как отношение разности диаметров любых двух поперечных сечений к расстоянию между этими сечениями.

Размеры конических поверхностей деталей должны соответствовать одному из рядов нормальных конусностей общего назначения по ГОСТ 8593-81 (приложение Б) [5].

Помимо конусностей общего назначения допускается применение конусностей специального назначения. К ним, например, относятся конусы инструментальные (ГОСТ 25557-82) [6]:

- 1) инструментальные конусы Морзе 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6;
- 2) конусы инструментов при размерах меньше Морзе 1 с конусностью 1:24;
- 3) метрические конусы 4; 6; 80; 100; 120; 160; 200;
- 4) инструментальные укороченные В7; В10; В12; В16; В18; В22; В24; В32; В45;

5) конусы шпинделей и оправок фрезерных станков (конусность 7:24).
Как видно, конусность может указываться в виде отношения типа 1:X, где X - расстояние между поперечными сечениями конуса, разность диаметров которых равна 1 мм. Это сделано для того, чтобы выражать конусность отношением целых чисел, а также для удобства измерения. Например, для метрических конусов, у которых угол конуса равен 2°51'51,1", конусность выражается как 1:20, т. е. два сечения с разностью диаметров 1 мм отстоят друг от друга на 20 мм.

В современных станках с ЧПУ используются конусы, которые обозначаются как 7:24. Это обозначение является как бы некоторым исключением из указанного выше правила, но и в этом случае используется выражение конусности отношением целых чисел. Эта запись (7:24) означает, что на длине конуса в 24 мм вдоль оси разность диаметров составляет 7 мм, а не 1 мм, как обычно указывается. Такое обозначение сделано опять же для того, чтобы использовать целые числа, так как угол для этих конусов равен 16°35'40".

В машиностроении широко применяются конусы под названием "конус Морзе" с номерами от 0 до 6. Наибольшие диаметры у этих конусов приблизительно от 9 мм (Морзе 0) до 60 мм (Морзе 6), а углы конуса, хотя и не одинаковы у всех номеров конусов, но близки к углу 3°.

Коническим соединением называют соединение наружного и внутреннего конусов, имеющих одинаковые номинальные углы конуса или одинаковые номинальные конусности. Конические соединения по сравнению с цилиндрическими имеют ряд преимуществ и в некоторых случаях являются незаменимыми. Они могут быть подвижными, неподвижными и плотными.

Конические сопряжения используют для обеспечения сопряжений, при которых требуется частая разборка и сборка при хорошем центрировании сопрягаемых деталей. Типичным случаем наиболее частого применения конусов является установка режущего инструмента в шпинделе металлорежущих станков.

Условные обозначения параметров, относящихся к внутренним конусам, дополняются индексом i, а к наружным - индексом e.

Основная плоскость – плоскость поперечного сечения конуса, в которой задается номинальный диаметр конуса (рисунок 3); базовая плоскость – плоскость перпендикулярная оси конуса и служащая для определения осевого положения основной плоскости или осевого положения данного конуса отно-

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Таблица А.1 – Нормальные углы (ГОСТ 8908-81)

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

Примечание. При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 ряду 3.

Таблица А.2 – Нормальные конусности и углы конусов (ГОСТ 8593-81)

Обозначение конуса		Конусность С		Угол конуса α	
Ряд 1	Ряд 2			Град., мин, с	рад
1:500		1:500	0,0020000	6' 52,5"	0,0020000
1:200		1:200	0,0050000	17' 11,3"	0,0050000
1:100		1:100	0,0100000	34' 22,6"	0,0100000
1:50		1:50	0,0200000	1° 8' 45,2"	0,0199996
	1:30	1:30	0,0333333	1° 54' 34,9"	0,0333304
1:20		1:20	0,0500000	2° 51' 51,1"	0,0499896
	1:15	1:15	0,0666667	3° 49' 5,9"	0,0666420
	1:12	1:12	0,0833333	4° 46' 18,8"	0,0832852
1:10		1:10	0,1000000	5° 43' 29,3"	0,0999168
	1:8	1:8	0,1250000	7° 9' 9,6"	0,1248376
	1:7	1:7	0,1428571	8° 10' 16,4"	0,1426148
	1:6	1:6	0,1666667	9° 31' 38,2"	0,1662824
1:5		1:5	0,2000000	11° 25' 16,3"	0,1993374
	1:4	1:4	0,2500000	14° 15' 0,1"	0,2487100
1:3		1:3	0,3333333	18° 55' 28,7"	0,332972
30°		1:1,866025	0,5358985	30°	0,5235988
45°		1:1,207107	0,8284269	45°	0,7853982
60°		1:0,866025	1,1547010	60°	1,0471976
	75°	1:0,651613	1,5346532	75°	1,3089970
90°		1:0,500000	2,0000000	90°	1,5707964
120°		1:0,288675	3,4641032	120°	2,0943952

Примечания:

1. Значение конусности или угла конуса, указанные в графе «Обозначение конуса», приняты за исходные при расчете других значений, приведенных в таблице.
2. При выборе конусностей или углов конусов ряд 1 следует предпочитать ряду 2.

16. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений /И.М. Белкин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
17. ГОСТ 9392 – 89. Уровни рамные и брусковые. Технические условия. Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 11с.
18. ГОСТ 11196 – 74. Уровни с микрометрической подачей ампулы. Технические условия. Введ. 01.01.76. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 7с.
19. Зябрева Н.Н. Лабораторные занятия по курсу «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» /Н.Н. Зябрева, М.Я. Шегал. – М.: Машиностроение, 1966. – 350 с.
20. ГОСТ 4046 – 80. Линейки синусные. Технические условия. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
21. ГОСТ 7470 – 92. Глубиномеры микрометрические. Технические условия. Введ. 01.01.93 – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 9 с.
22. ГОСТ 10905 – 86. Плиты поверочные и разметочные. Технические условия. Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 9 с.
23. ГОСТ 10197 – 70. Стойки и штативы для измерительных головок. Технические условия. Введ. 01.01.72. – М.: Изд-во стандартов, 1971. – 17с.
24. ГОСТ 9038 – 90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. Введ. 01.07.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 15 с.

сительно сопрягаемого с ним конуса.

К номинальным размерам конусов и их соединений относятся:

- диаметры большого D и малого d оснований; диаметры в заданном (D_s) и произвольно расположенном (d_x) поперечных сечениях (сечением с диаметром D_s обычно является сечение, в котором задан допуск конуса);
- длина конуса L и соединения L_p ;
- осевые расстояния до заданного сечения (L_s – от большого основания и L_x – от произвольно расположенного);
- угол конуса α – угол между образующими в продольном сечении конуса;
- угол уклона $\alpha/2$ (угол между образующей конуса и его осью);
- конусность C .

Конусность наиболее полно характеризует эксплуатационные и конструктивные особенности конического соединения. С уменьшением конусности повышается точность центрирования деталей и нагрузочная способность сопряжения, но увеличивается давление на боковую поверхность соединения и осевые перемещения деталей при регулировании зазора или натяга в соединении.

Базорасстояние конусов – расстояние между основной и базовой плоскостями. Если эти плоскости совпадают, то базорасстояние равно нулю. Базорасстояние соединения Z_p – осевое расстояние между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов.

Реальный конус и реальные или действительные размеры обозначаются теми же символами, что и номинальные размеры, но с добавлением индекса a .

Допуски конусов нормируют двумя способами:

- 1) совместным нормированием всех видов допусков – допуском TD ;
- 2) раздельным установлением каждого вида допусков: TDS ; AT в угловых или линейных единицах; TFR и TFL .

Допуск TD – допуск диаметра конуса, разность между предельными наибольшим и наименьшим диаметрами конуса в одном и том же поперечном сечении, которая является постоянной для любого поперечного сечения в пределах длины конуса (рисунок 3). Допуск TD определяет поле допуска конуса, в пределах которого должны находиться все точки реальной поверхности конуса, и ограничивает все его отклонения, если на отклонение угла, отклонения от круглости и прямолинейности образующих не установлены отдельно меньшие допуски.

Допуск TDS ограничивает только отклонения диаметра конуса в поперечном сечении, имеющем заданное осевое положение. Допуски TD и TDS назначают по квалитетам ДСТУ 2500-94 [7], т. е. $TD = IT$ и $TDS = IT$.

Допуски формы конуса – круглости (TFR) и прямолинейности обра-

зующих (TFL) – ограничивают отклонения формы поперечного и отдельно продольного сечений конуса (ГОСТ 24642-81) [8].

Осевой допуск конуса T_z (наружного T_{ze} внутреннего T_{zi}) равен разности между верхними и нижними осевыми отклонениями конуса рисунок 6).

Осевое отклонение конуса – осевое расстояние между основной плоскостью и плоскостью поперечного сечения рассматриваемого конуса (реального, предельного), в котором его диаметр равен номинальному диаметру конуса в основной плоскости. Положительные осевые отклонения конуса отсчитывают от основной плоскости в сторону, противоположную от вершины конуса, а отрицательные – от основной плоскости к вершине конуса.

Осевые отклонения конуса: верхние (es_z – наружного и ES_z – внутреннего) – осевые отклонения наибольших предельных конусов, определяющиеся нижними отклонениями диаметров конусов (наружного ei и внутреннего EI) в основной плоскости; нижнее (ei_z – наружного и EI_z – внутреннего конусов) – осевые отклонения наибольших предельных конусов, определяющиеся верхними отклонениями диаметров конусов (наружного es и внутреннего ES) в основной плоскости.

Основное осевое отклонение конуса ($ei_z \min$ – наружного, $EI_z \min$ – внутреннего) вычисляют по основному отклонению поля допуска конуса в основной плоскости (это частное от деления основного отклонения диаметра конуса на конусность C со знаком минус).

Осевые отклонения конусов и осевые допуски конусов и их соединений всех видов зависят от диаметральных отклонений и допусков конусов. Очевидно, что $\tan(\alpha/2) = (ei/2)/es_z$ (рисунок 6). Так как $\tan(\alpha/2) = C$, то $es_z = ei/C$. Аналогично получаем формулу для определения всех предельных осевых отклонений конусов: $ES_z(es_z) = EI(ei)/C$, $EI_z(ei_z) = ES(es)/C$ и их осевых допусков $T_{ze} = IT_e/C$; $T_{zi} = IT_i/C$.

Для конических соединений предназначены следующие поля допусков (по ГОСТ 25347-89) [9]:

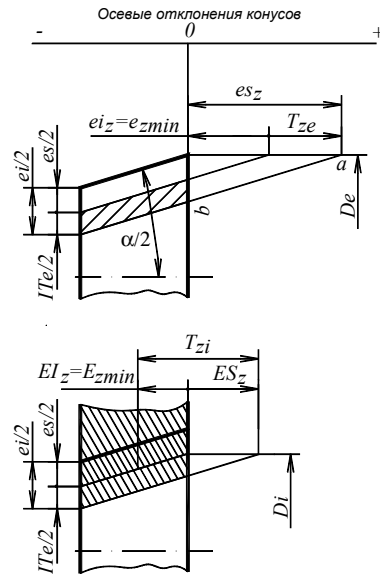


Рисунок 6 – Осевые допуски конусов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 8908 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 15 с.
2. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник [в 2-х Ч.]. – 8-е изд., перераб. и доп. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – СПб.: Изд-во «Политехника», 2001. – Ч.1. – 576с., Ч.2. – 608 с.
3. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1987. – 340 с.
4. ДСТУ 2499 – 94. Основні норми взаємозамінності. Конуси та конічні з'єднання. Терміни та визначення. Чинний від 01.07.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 35 с.
5. ГОСТ 8593 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 2 с.
6. ГОСТ 25557 – 82. Конусы инструментальные. Основные размеры. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 7 с.
7. ДСТУ 2500 – 94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми. Чинний від 01.07.1995. – К.: Держстандарт України, 1994. – 49 с.
8. ГОСТ 24642 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. Введ. 01.07.81. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 110 с.
9. ГОСТ 25347 – 82. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки. Введ. 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 57 с.
10. ГОСТ 2848 – 75. Конусы инструментов. Допуски. Методы и средства контроля. Введ. 01.01.77. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 18с.
11. ГОСТ 2875 – 88. Меры плоского угла призматические. Общие технические условия. Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 9 с.
12. ГОСТ 3749 – 77. Угольники поверочные 90. Технические условия. Введ. 01.01.1978. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 9 с.
13. ГОСТ 24932 – 81. Калибры для конических соединений. Допуски. Введ. 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 18 с.
14. ГОСТ 5378 – 88. Угломеры с нониусом. Технические условия. Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
15. Городецкий Ю.Г. Конструкции, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов / Ю.Г. Городецкий. – М.: Машиностроение, 1971. – 376 с.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что принято за единицу измерения угла?
2. Что такое допуск на угловой размер и как он обозначается?
3. Какие способы установлены для задания допусков на угловые размеры?
4. Какие геометрические параметры установлены для конических элементов деталей?
5. Что такое коническое соединение, в чем преимущества конических соединений и какие они бывают?
6. Как подразделяются конические соединения в зависимости от способа фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов?
7. Какие размеры являются номинальными для конусов и конических соединений?
8. Какими способами нормируются допуски конусов?
9. Какие существуют методы и средства измерения углов?
10. Что такое призматические угловые меры? Какие типы угловых мер существуют и где они применяются?
11. Что такое угольник? Виды угольников и их применение.
12. Что представляют собой конусные калибры и способы их применения?
13. Что такое синусная линейка? Виды синусных линеек. Как измерить угол детали на синусной линейке?
14. Что такое гониометрический метод измерения углов, и какие приборы основаны на этом методе?
15. Что такое оптическая делительная головка, область применения?
16. Угломеры, принцип действия, цены делений. Как отсчитать величину угла по нониусу?
17. Уровни ампульные, принцип действия ампулы, разновидности уровней.
18. Координатный (тригонометрический) метод измерения углов, в чем его сущность?

- для внутренних конусов – H01...H17 (для посадок H4...H9); JS01...JS17; N9...N12;
- для наружных конусов – d8, d9; e7...e9; f6...f9; g4...g6; h01...h17 (для посадок - h4...h9); js01...js17 (для посадок js4...js7); k4...k12 (для посадок k4...k7); m4...m7; n4...n7; p5, p6; r5, r6; s5...s7; t6; u7, u8; x8, z8.

3. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ УГЛОВ И КОНУСОВ

Углы изделий измеряют тремя основными методами: методом сравнения с жесткими контрольными средствами (угловыми мерами, угольниками, конусными калибрами и шаблонами), абсолютным гониометрическим методом (с использованием приборов с угломерной шкалой) и косвенным тригонометрическим методом, который заключается в определении линейных размеров, связанных с измеряемым углом тригонометрической функцией. Методы и средства контроля инструментальных конусов должны соответствовать ГОСТ 2848-75 [10].

Угловые призматические меры (ГОСТ 2875-88) [11] являются наиболее точным средством измерения углов в машиностроении. Они применяются для передачи размера единицы плоского угла от эталонов к образцовым угловым мерам и от образцовых мер к рабочим угловым мерам, для проверки и градуировки приборов, предназначенных для измерения углов, а также для непосредственного измерения углов изделий.

Конструкции однозначных и многозначных угловых мер показаны на рисунке 7.

Рабочие углы α , β , γ и δ мер заключаются между смежными измерительными поверхностями у угловых плиток – мер типа I, II и III; между нормальными к измерительным поверхностям у угловых призм – мер типа IV; между рабочими гранями и основанием у мер типа V. Число граней угловых призм может быть $n = 4 \dots 15$ (рисунок 7,а).

Измерительные поверхности угловых плиток обладают свойством притираемости. Плитки комплектуют в наборы. Угловые меры можно применять как отдельно, так и в виде блоков, составленных из нескольких мер. Порядок составления блоков плиток такой же, как у концевых мер длины. У кромок рабочих поверхностей плиток имеются отверстия, через которые с помощью набора принадлежностей плитки соединяются в блоки.

Проверку углов изделий с помощью угловых мер осуществляют двумя способами.

Первый способ аналогичен способу использования концевых мер длины. Мету прикладывают к одной стороне угла изделия и оценивают степень совпадения по другой стороне методом «на просвет» путем сравнения с «образцом просвета» (рисунок 7,б), который состоит из концевых мер длины,

притертых к стеклянной пластине и накрытых лекальной линейкой. При хорошей освещенности и определенном навыке просвет размером 4 мкм можно оценить с погрешностью ≈ 1 мкм, погрешность измерения угла при этом $\approx 15''$. Бесконтактные измерения угловыми мерами выполняются на автоколлимационных приборах.

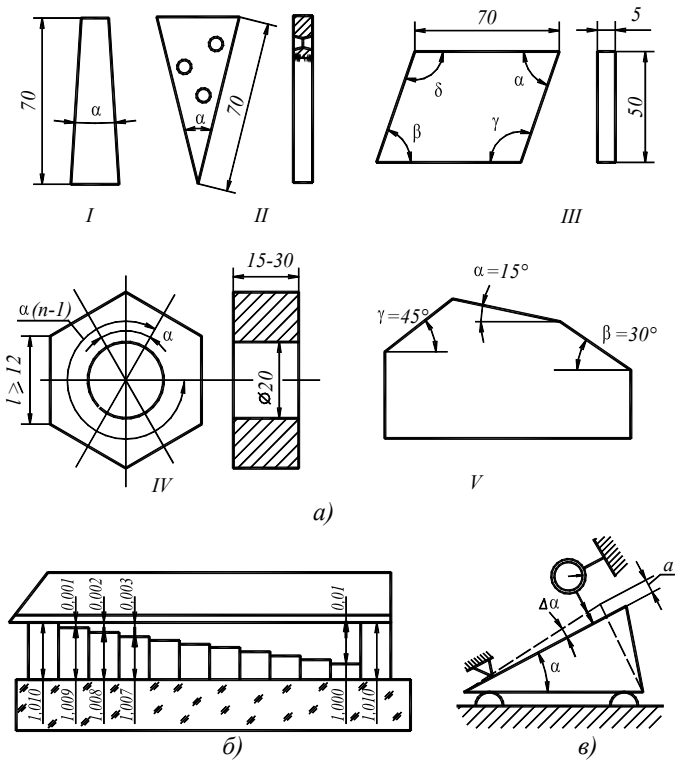


Рисунок 7 – Угловые призматические меры

При втором способе угловую меру используют в качестве меры сравнения с контролируемым углом изделия. Отклонение угла $\Delta\alpha$ изделия от меры определяют с помощью измерительной головки (рисунок 7,в), при этом линейные показания а головки пересчитывают в угловые по формуле $\Delta\alpha = a / l$, где l – расстояние от головки до вершины угла.

Угловые меры выпускаются трех классов точности 0, 1, 2. Многогранные призмы могут иметь также класс 00. Предельные погрешности угловых мер типов I, II, III составляют $\pm 3''$ для класса 0, $\pm 10''$ для класса 1 и $\pm 30''$ для класса 2. Соответственно, погрешности углов многогранных призм равны

7. Найти разность показаний прибора n , соответствующую разности положений δh поверхности изделия на длине l . Определить отклонение конусности $\Delta K = \frac{n}{l}$ и отклонение угла конуса $\Delta\alpha = \frac{n}{l} \cdot 2 \cdot 10^5 (")$.

8. Результаты измерения занести в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты измерений

Показания прибора		Разность показаний n	Расстояние l между точками измерения	Отклонение конусности ΔK	Отклонение угла конуса $\Delta\alpha$
первая точка	вторая точка				

9. По указанию преподавателя построить схему расположения поля допуска. Дать заключение о годности измеряемой детали.

Она представляет собой стальную плиту с двумя прикрепленными к ней цилиндрическими роликами одинакового диаметра, расположенными на строго определенном расстоянии между осями друг друга (расстояние L).

При измерении углов конусов на синусной линейке (рисунок 17) стол 3, на котором закреплен конус 1, устанавливают на требуемый номинальный угол α к плоскости поверочной плиты 5 с помощью концевых мер 4. Размер блока концевых мер находят по формуле $h = L \sin \alpha$. Прибором 2, укрепленным на универсальном штативе, определяют разность положений δh поверхности изделия на длине l . Отклонения угла при вершине конуса рассчитывают по формуле $\delta \alpha = \delta h / l$ (рад) = $\delta h / l \cdot 2 \cdot 10^5 (")$.

Действительный угол проверяемого конуса $\alpha_k = \alpha \pm \delta \alpha \pm \Delta_n$.

Погрешность измерения Δ_l синусной линейки зависит от угла α , погрешности Δ_m блока концевых мер и погрешности Δ_L расстояния между осями роликов: $\Delta_l = 2 \cdot 10^5 (\Delta_m - \Delta_L \sin \alpha) / (L \cos \alpha)$.

Порядок выполнения работы.

1. Закрепить измеряемую деталь на синусной линейке, используя ряд отверстий с резьбой на ее измерительной поверхности.
2. Выбрать измерительную головку с ценой деления 0,002 мм и установить ее в измерительную стойку [23].
3. Технические характеристики средства измерения занести в таблицу 6.

Таблица 6 – Технические характеристики средства измерения

Наименование прибора	
Пределы измерения по шкале, мм	
Цена деления, мкм	
Количество шкал, шт	
Измерительное усилие, сН	
Погрешность, мкм	

Привести в отчете схематический рисунок детали и схему измерения.

4. Определить номинальную конусность и угол конуса детали, подсчитать величину блока концевых мер длины [24] h , который следует подставить под один из роликов, чтобы образующая конуса детали была параллельна поверочной плите (рисунок 17).

5. На плиту поместить измерительную стойку с головкой, установить прибор на нуль или на любое другое деление в первой точке, находящейся на расстоянии не менее 2 мм от торца измеряемой детали.

6. Перевести прибор по плите на длину l во вторую точку измерения и определить его показания. Расстояние l задается с помощью измерительной линейки.

$\pm 2''$, $\pm 5''$, $\pm 10''$ и $\pm 30''$. Меры типа V используются для проверки синусных линейек и выпускаются класса точности 1 (погрешность $\pm 10''$).

Для образцовых угловых мер установлены четыре разряда. Предельные погрешности углов у мер 1-го разряда равны $\pm 0,3''$, 2-го разряда $\pm 1''$, 3-го разряда $\pm 3''$ и 4-го разряда $\pm 6''$.

Угольники поверочные 90° (ГОСТ 3749-77) [12] предназначены для проверки и разметки прямых углов изделий, для контроля изделий при сборке или монтаже, их часто используют для измерения перпендикулярности одновременно с прямолинейностью перемещения узлов относительно каких-либо поверхностей. Угольники выпускаются трех классов точности 0, 1 и 2. При контроле опорная поверхность угольника плотно без зазора прижимается к поверхности изделия. По величине зазора между измерительной поверхностью и поверхностью изделия определяют отклонение от прямого угла. Зазор определяют щупом или методом «на просвет», используя «образец просвета».

Конусные калибры – калибры-пробки и калибры-втулки относятся к группе нормальных калибров. Они применяются для контроля диаметральных размеров и комплексного контроля отклонений угловых размеров и формы наружных и внутренних конических поверхностей с допусками диаметров от IT4 до IT12 и степенями точности допусков углов конусов от AT4 до AT9 (ГОСТ 24932-81) [13]. Существуют два способа использования конусных калибров – контроль базорасстояния и комплексный контроль.

При контроле базорасстояния (рисунок 8) торец годного внутреннего конуса 1 должен находиться между рис-

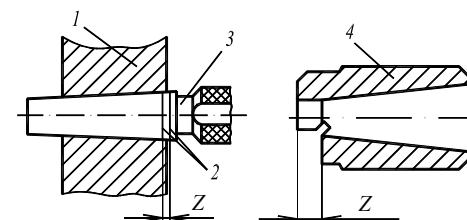


Рисунок 8 – Конусные калибры

ками 2, нанесенными на поверхности калибров-пробок 3 и расположенными друг относительно друга на расстоянии, равном допуску базорасстояния Z . Торец годного наружного конуса должен находиться между контрольными плоскостями уступа калибров-втулок 4. Расстояние между контрольными плоскостями также равно допуску базорасстояния Z .

При комплексном контроле на краску проверяется полнота прилегания сопрягаемых поверхностей. Краску наносят на предварительно очищенную наружную поверхность слоем толщиной 2...5 мкм. Толщину слоя краски определяют по «образцу интенсивности окраски» (ГОСТ 2848-75) [10]. Калибр сопрягают с конусом и поворачивают не более чем на 3/4 оборота при нажатии вдоль оси. У годных конусов пятно контакта без круговых разрывов располагается со стороны большего диаметра и составляет не менее 90 % площади.

К приборам с угломерной шкалой измерительные средства с угломерной шкалой, которая в принципе представляет собой многозначную угловую меру. Когда эта мера имеет диапазон 360° (замкнутая шкала), ее чаще всего называют лимбом. Типичными и наиболее известными приборами являются угломеры с нониусом, оптические угломеры, гониометры, оптические делительные головки, уровни и др.

Угломером называется накладной прибор для измерения углов, в котором отсчет угла по шкале производят с помощью нониуса (ГОСТ 5378-88) [14]. Конструкции угломеров рассмотрены подробно в лабораторной работе №1, они зависят от пределов измерения (до 180° или 360°), от возможности измерения внутренних и наружных углов. Обычно они имеют цену деления нониуса $2'$, $5'$ или $10'$. Допускаемые погрешности угломеров равны цене деления нониуса.

Оптический угломер [15], предназначен для измерения углов $0...180^\circ$ контактным методом между двумя плоскостями или между плоскостью и образующей цилиндра (рисунок 9).

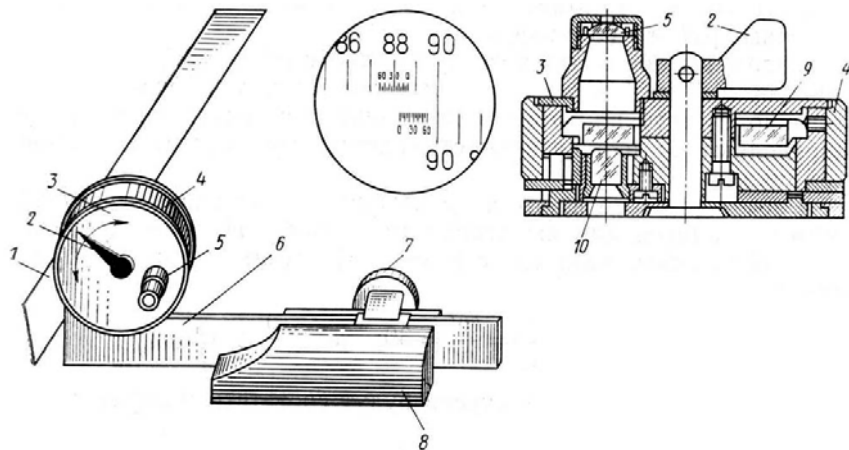


Рисунок 9 – Оптический угломер

Угломер имеет цилиндрический корпус, с которым жестко скреплена линейка 6 со сквозным продольным пазом. Сменная линейка 1 может поворачиваться относительно линейки 6 и перемещаться в продольном направлении. При больших углах поворота конец линейки 1 входит в паз линейки 6. На верхней крышке 3 установлена отсчетная лупа 5 с увеличением $16\times$. Линейка 1 может быть зафиксирована в продольном направлении поворотом рычага 2. Установленный угол линейки 1 фиксируется поворотом накатанного кольца 4. Прилагаемая к угломеру съемная подставка 8 имеет плоскую и призматическую поверхности.

5. Измерить микрометрическим глубиномером расстояние H . Для этого установить на торцовую плоскость детали основание глубиномера и вращением микровинта за трещотку добиться контакта мерительной поверхности измерительного стержня с наивысшей точкой шарика (положение, соответствующее наименьшему показанию глубиномера), закрепить стопор и произвести отсчет. При измерении необходимо плотно прижимать основание глубиномера к детали.

6. Измерить микрометрическим глубиномером расстояние h , для чего повторить пп. 3 и 4 с шариком большего диаметра.

7. Результаты измерения занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерения

Измерение	Показания приборов, мм	
	H	h
1		
2		
3		
среднее		

8. По приведенным выше формулам рассчитать синус угла конуса, угол конуса и конусность.

9. По указанию преподавателя построить схему расположения поля допуска. Дать заключение о годности конического отверстия.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ СИНУСНОЙ ЛИНЕЙКОЙ

Синусная линейка (рисунок 16) применяется для измерения углов шаблонов, конусов и тому подобных инструментов и деталей [20].

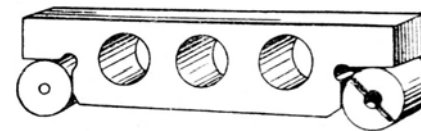


Рисунок 16 – Синусная линейка

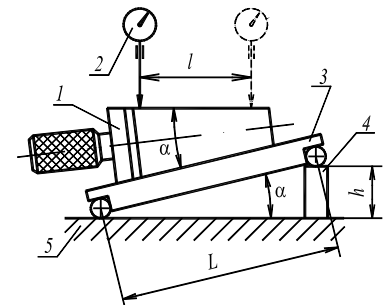


Рисунок 17 – Измерение конусов на синусной линейке

для микрометрических глубиномеров 2-го класса точности составляет ± 5 мкм.

Порядок выполнения работы.

1. Проверить правильность установки глубиномера на нуль. Для этого вставить измерительный стержень с пределами измерения 0-25 мм, установить основание измерительной поверхности на проверочную плиту [22] и, слегка прижимая основание к плите, с помощью трещотки перемещать микровинт до касания измерительного стержня с поверхностью плиты. Закрепить микровинт стопором 5, в этом положении проверить совмещение нулевой риски на барабане с осевой риской на стебле. В случае их несовпадения настроить глубиномер на нуль.

С этой целью, придерживая микрометрический глубиномер за барабан 2, отвернуть колпачок на 1...2 оборота и отсоединить конус барабана от конуса микровинта, для чего нажать на барабан в направлении основания. Повернуть барабан относительно стебля так, чтобы нулевая риска совпала с осевой риской на стебле. В этом положении соединить барабан с микровинтом колпачком, отпустить стопор, проверить правильность настройки. При необходимости повторить ее.

2. Технические характеристики средства измерения занести в таблицу 3, данные о детали – в таблицу 4.

Таблица 3 – Технические характеристики средства измерения

Наименование прибора	
Пределы измерения, мм	
Цена деления, мкм	
Измерительное усилие, сН	
Погрешность, мкм	

Таблица 4 – Данные о детали

Наименование	
Наибольший диаметр, мм	
Номер конуса	
Номинальная конусность	

Привести в отчете схему измерения.

3. Измерить несколько раз гладкий микрометром диаметры шариков, зафиксировав их среднее значение в отчете.

4. Подобрать необходимый измерительный стержень. Для этого вертикально установить проверяемую деталь, опустить в отверстие шарик меньшего диаметра и определить примерно расстояние Н. Поместить в гнездо микровинта измерительный стержень.

ческую рабочую поверхности. Подставка фиксируется винтом 7.

Шкала угломера нанесена на стеклянной пластине 9 и состоит из четырех секторов по 90° , с ценой деления 1° , оцифрованных от 0 до 90° через 2° .

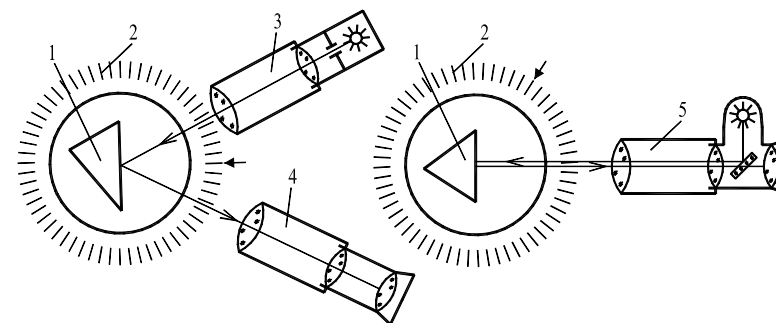
На стекле 10 нанесены прямая и обратная минутные шкалы с ценой деления $5'$. В поле зрения лупы 5 одновременно видны обе минутные шкалы и часть градусной шкалы, освещенных через стекло 10. Отсчет целого числа градусов производится по делению шкалы, находящемуся в пределах минутной шкалы, отсчет минут производится по минутной шкале относительно штриха градусной шкалы. На рисунке 9 отсчет равен $88^\circ 30'$.

При измерении углов отпускают зажимное кольцо 4 и прижимают рабочие грани линеек к плоскостям, образующим измеряемый угол, после чего кольцом 4 фиксируют установленный угол и производят отсчет в лупу 5.

Погрешность показаний оптических угломеров с ценой деления $5'$ не должна превышать $2,5'$ при проверке без подставки и $5'$ при проверке с подставкой.

Гониометром называется оптико-механический прибор для измерения углов, образованных плоскими поверхностями, способными отражать световые лучи [16]. Они используются в основном для аттестации призматических угловых мер, угловых призм из стекла и металла. Принцип измерения на гониометре заключается в том, что осуществляют последовательную фиксацию положения плоских поверхностей измеряемого угла и при каждой фиксации отсчитывают значение угла по лимбу гониометра. Обычно используют два способа измерения – коллимационный (рисунок 10,а) и автоколлимационный (рисунок 10,б).

При коллимационном способе измерения деталь 1 с измеряемым углом устанавливают на предметный столик, соосно которому в приборе расположен лимб 2. Столик вместе с деталью поворачивают до такого положения, чтобы луч света из коллиматора 3 отразился от плоской поверхности детали 1 и попал в объектив зрительной трубы 4.



а) б)
Рисунок 10 – Измерение углов на гониометре

Изображение щели коллиматора совмещают с вертикальной линией окулярной сетки трубы и производят первый отсчет по лимбу 2 гониометра. После этого столик с деталью поворачивают до момента отражения пучка света из коллиматора в трубу от другой грани измеряемого угла и производят второй отсчет. Разность отсчетов равна дополнительному измеряемому углу, т.е. $\alpha = 180 - \beta$, где α – измеряемый угол, β – разность значений угла, полученная двумя отсчетами.

При автоколлимационном способе измерения осуществляют с помощью автоколлиматора 5. Световые лучи от марки автоколлиматора параллельным пучком попадают на поверхность детали 1 и, отразившись (поверхность угла должна быть перпендикулярна оптической оси), дают изображение в плоскости окулярной сетки. После совмещения изображения марки с вертикальной линией окулярной сетки производят первый отсчет по лимбу 2 гониометра. После поворота столика с деталью до отражения света от второй поверхности угла производят второй отсчет. Значение угла определяют, как и при первом способе измерения.

Гониометры изготавливают с ценой деления 1", 2", 5", 10", 30". Допускаемая погрешность гониометров составляет не более цены деления.

Оптические делительные головки. Оптической делительной головкой называется оптико-механический прибор для измерения и разметки углов у деталей устанавливаемых в центрах. Она позволяет измерять углы поворота шпинделя относительно своей оси или поворота корпуса головки относительно горизонтали. Оптические делительные головки применяют также в качестве приспособления на фрезерных, шлифовальных и других станках, когда требуется сообщить обрабатываемой детали точный угол поворота. Оптические делительные головки изготовляют с ценой деления шкалы $C = 1''; 2''; 5''$ и $20''$. Допускаемая погрешность измерений $\Delta\alpha = \pm(C + \sin \alpha / 2)$, где α – измеряемый угол, °.

Уровни предназначены для контроля горизонтального и вертикального положения плоских и цилиндрических поверхностей и определения отклонений от этих положений. К основным типам уровней относятся брусковые и рамные (ГОСТ 9392-89) [17], с микрометрической подачей ампулы (ГОСТ 11196-74) [18], гидростатические (ТУ 2-034-3010-82) и электронные (ТУ 2-034-3010-82).

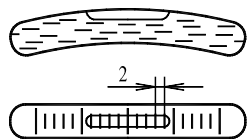


Рисунок 11 – Ампула ампульного уровня

Наибольшее распространение получили ампульные уровни, у которых чувствительным элементом является ампула. Ампула уровней (рисунок 11) представляет собой запаянную

руемой детали последовательно закладывают два аттестованных шарика разных диаметров и измеряют размеры H и h от принятой базы (рисунок 14).

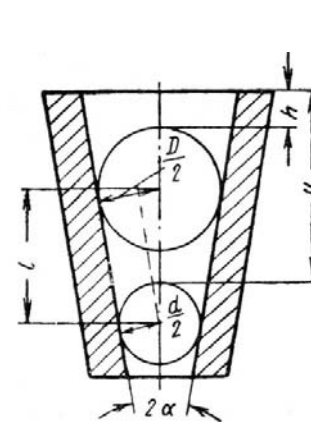


Рисунок 14 – Измерение внутренней конусности методом двух шариков

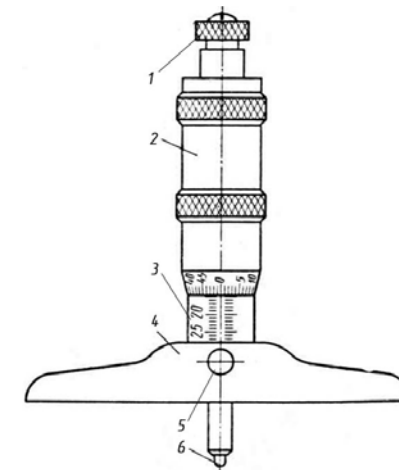


Рисунок 15 – Микрометрический глубиномер

По результатам измерения и размерам шариков D и d находят синус угла конуса. Из рисунка 14 следует:

$$\sin \alpha = \frac{D - d}{2l},$$

$$\text{где } l = H - h - \frac{D - d}{2}.$$

По синусу угла подсчитывают конусность:

$$K = 2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} \approx \frac{2 \sin \alpha}{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \alpha}.$$

Для измерения размеров H и h в настоящей работе используется микрометрический глубиномер ГМ (рисунок 15) [21]. Он состоит из основания 4 с запрессованным в нем стеблем 3, микрометрического винта с измерительным стержнем 6, барабана 2, колпачка с трещоткой 1 и стопора 5. Устройство узла глубиномера аналогично устройству микрометра (цена деления 0,01 мм).

Измерительными поверхностями микрометрического глубиномера являются нижняя плоскость основания и торец сменного измерительного стержня. Микрометрические глубиномеры выпускался с четырьмя сменными измерительными стержнями, что обеспечивает пределы измерения от 0 до 100 мм и от 0 до 150 мм с интервалом через 25 мм. Допускаемая погрешность

грешность показаний равна $\pm 2'$ или $\pm 5'$ соответственно.

Порядок выполнения работы.

1. Занести технические характеристики средства измерения в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические характеристики средства измерения

Наименование прибора	
Пределы измерения, град.	
Величина отсчета по нониусу, мин.	
Погрешность, мин.	

2. Подсчитать величины отсчета по нониусу.

3. Транспортным угломером измерить все углы шаблона. Для измерения угломером необходимо:

- открепить стопорные винты 5 и 7 и развернуть сектор относительно транспортира так, чтобы измеряемую деталь можно было установить между мерительными плоскостями;

- закрепить винт 5 и, пользуясь микрометрическим устройством, добиться плотного прилегания мерительных плоскостей к детали;

- закрепить винт 7 и произвести отсчет.

4. Данные о детали и результаты измерений свести в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные о детали и результаты измерений

Наименование	Номинальные углы	Наименьшая сторона угла	Предельное отклонение	Действительное значение	Действительное отклонение
	$\alpha =$				
	$\beta =$				
	$\gamma =$				
	$\varphi =$				
	$\psi =$				

5. По указанию преподавателя построить схемы полей допусков. Дать заключение о годности деталей.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНУСНОСТИ ВНУТРЕННИХ КОНУСОВ ДВУМЯ ШАРИКАМИ

Конусность внутренних конусов определяется двумя шариками косвенным методом измерения. С этой целью в коническое отверстие контроли-

ся указателем. Внутренняя поверхность ампулы имеет бочкообразную форму, поэтому при горизонтальном расположении уровня пузырек занимает верхнее положение. На наружной поверхности ампулы нанесена шкала с интервалом делений 2 мм. При наклоне уровня пузырек перемещается относительно нейтрального положения (нуль-пункта) пропорционально углу наклона. По шкале ампулы измеряют наклон уровня в миллиметрах, отнесенный к длине, равной 1 м. Цена деления ампул уровней составляет 0,02; 0,05; 0,10 и 0,15 мм/м и погрешность не должна превышать соответственно 0,004; 0,007; 0,015 и 0,02 мм/м.

В гидростатических уровнях используется свойство сообщающихся сосудов. Уровень состоит из двух или нескольких измерительных головок, соединенных между собой воздушными и жидкостными гибкими трубопроводами. В процессе измерения одна из измерительных головок располагается в исходной точке измерительной поверхности, а другая головка – в намеченной точке измерения. Вследствие отклонения от прямолинейности контролируемой поверхности уровень жидкости во второй головке изменится. Разность отсчетов по обеим головкам является отклонением от прямолинейности намеченной точки измерения от исходной.

Принцип действия электронных уровней заключается в том, что в корпусе прибора подвешен груз, являющийся якорем индуктивного датчика. При наклоне корпуса якорь занимает постоянное положение, направленное перпендикулярно горизонтальной плоскости, и смещение его относительно катушек, неподвижно закрепленных в корпусе, изменяет индуктивность катушек. Такие уровни изготавливают с ценой деления от 2" до 20". Достоинство таких уровней заключается в дистанционности измерения, в возможности суммирования двух или нескольких показаний, в малых габаритных размерах узла, непосредственно устанавливаемого на измеряемую поверхность.

Оптические квадранты - приборы, в которых угломер соединен с уровнем [16]. Они предназначены для измерения углов наклона плоских и цилиндрических поверхностей различных изделий. Квадрант имеет основание и корпус, внутри которого установлен неподвижный лимб, вращающаяся крышка, на которой укреплены уровень и микроскоп. Для измерения угла наклона к горизонту квадрант устанавливают на поверхность изделия и вращают крышку до тех пор, пока пузырек уровня не займет среднее положение. Для грубого отсчета угла поворота служит шкала на крышке с ценой деления 5°, точные измерения выполняют с помощью микроскопа.

Оптические квадранты выпускают трех типов с ценой деления отсчетного устройства 2", 10", 60" и имеют допускаемую погрешность при установке на плоскую поверхность, соответственно $\pm 2''$, 5" и 20". При установке на цилиндрическую поверхность погрешность прибора в 2 раза больше.

Косвенные измерения углов конусов можно выполнять универсаль-

ными средствами измерений с помощью калиброванных роликов и шариков [19].

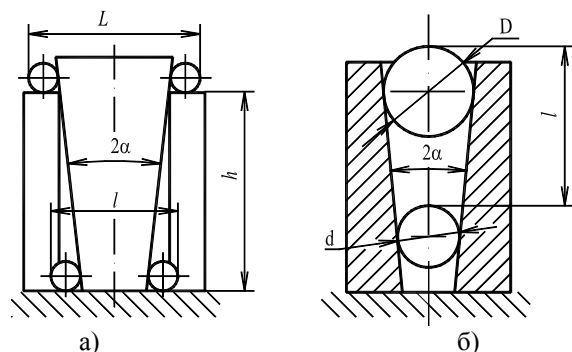


Рисунок 12 – Измерение углов косвенным методом

При измерении конусов используют синусную или тангенсную схему в зависимости от того, какие стороны треугольника, образующего угол, будут измерены. При тангенсной схеме измерения наружного конуса (рисунок 12,а) деталь устанавливают на плите и микрометром измеряют расстояния l и L между наружными точками роликов, помещенных на плите и на концевых мерах длины размером h . Угол конуса определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = (L-l)/2h.$$

При синусной схеме измерения внутреннего конуса (рисунок 12,б) в отверстие вводят шарики диаметрами d и D и с помощью глубиномера или длиномера находят расстояние l между верхними точками шариков. Угол конуса находят из выражения

$$\sin \alpha = (D-d)/(2l-D+d).$$

Более подробно процесс измерения внутренних конусов по синусной схеме рассмотрен в лабораторной работе №2.

Синусные линейки (ГОСТ 4046-80) [20] для косвенных измерений углов $0...45^\circ$ выпускают трех типов: ЛС - без опорной плиты с одним наклоном; ЛСО - с опорной плитой с одним наклоном; ЛСД - с опорной плитой с двумя наклонами.

Синусные линейки выпускают классов точности 1 и 2. Допускаемые погрешности при предельном угле измерения $\alpha=45^\circ$ для линеек типа ЛС класса точности 1 (2) не превышают $\pm 6''$ ($\pm 10''$), для линеек типа ЛСО - $\pm 8''$ ($\pm 12''$), для линеек типа ЛСД - $\pm 10''$ ($\pm 15''$).

Более подробно процесс измерения углов синусной линейкой рассмотрен в лабораторной работе №3.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ УГЛОМЕРАМИ

В данной работе рассматриваются механические угломеры, которые согласно ГОСТ 5378-88 выпускаются двух типов: тип I – транспортирный и тип II – универсальный.

Транспортирный угломер УМ (рисунок 13) состоит из транспортира 2, к которому жестко прикреплена линейка 1, и сектора с подвижной линейкой 4 и нониусом 8.

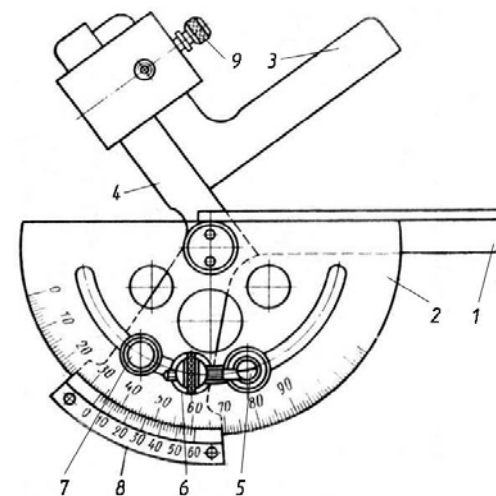


Рисунок 13 – Транспортирный угломер

В нужном положении сектор с подвижной линейкой может быть закреплен винтом 7. Для точной установки линейки 4 служит микрометрический винт с гайкой 6. При микрометрических перемещениях необходимо открепить винт 7 и закрепить винт 5. Этот угломер имеет возможность измерять углы от 0 до 180° , причем для измерения углов от 0 до 90° на подвижную линейку 4 надевается и фиксируется винтом 9 угольник 3 (углы от 90 до 180° измеряют транспортирным угломером без угольника).

Механические угломеры снабжены нониусом, величина отсчета которых определяется по той же формуле, что и у нониуса штангенциркуля:

$$b=a/n,$$

где b – величина отсчета по нониусу; a - длина деления основной шкалы сектора; n – число делений.

Величина отсчета по нониусу угломеров составляет $2'$ или $5'$, а по-