

А.Г. Косилова

Справочник технолога-машиностроителя

Том 1

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
А11

А11 **А.Г. Косилова**
Справочник технолога-машиностроителя: Том 1 / А.Г. Косилова – М.: Книга по Требованию, 2023. – 655 с.

ISBN 978-5-458-26909-4

В 1-м томе приведены сведения по точности обработки и качеству поверхностей деталей машин, припуски на механическую обработку, рекомендации по проектированию различных технологических процессов изготовления деталей.

ISBN 978-5-458-26909-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

лей типа ступицы на базе вертикального токарного восьмишпиндельного станка 1K282	523	Инструментальная оснастка станков с ЧПУ (Р. К. Мецераков, А. И. Мецераков)	567
Пример роботизированной линии механической обработки детали типа вала	524	Точность обработки деталей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мецераков, К. Р. Мецераков)	571
Адаптивные промышленные роботы с системами технического зрения (СТЗ) в механообрабатывающих цехах	525	Основные положения	571
Типовые циклограммы работы роботизированных технологических комплексов механической обработки	526	Элементарные погрешности обработки деталей	574
Применение промышленных роботов в автоматизированных транспортно-накопительных системах	526	Погрешность линейного позиционирования станков с ЧПУ	576
Эффективность применения промышленных роботов и роботизированных технологических комплексов	533	Влияние условий обработки на точность деталей	577
Глава 9.		Методы наладки станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы (Р. К. Мецераков, Е. И. Борисов)	581
ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ И В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ	535	Повышение точности обработки деталей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мецераков, В. С. Стародубов)	585
Применение гибких производственных систем при механической обработке деталей (В. Н. Васильев, Р. К. Мецераков)	535	Производительность станков с ЧПУ и гибких производственных систем (Л. И. Волчкевич, Р. К. Мецераков)	597
Основные понятия	535	Особенности нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ (Р. К. Мецераков, А. Н. Новиков, М. Г. Шеметов)	603
Примеры структур гибких производственных систем механической обработки деталей и их характеристики	537	Эффективность обработки деталей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мецераков, В. Н. Васильев)	622
Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мецераков, И. В. Гайгал)	542	Основные требования к эксплуатации станков с ЧПУ, обеспечивающие их эффективное использование	622
Обработка на сверлильно-фрезерно-расточных станках с ЧПУ (Р. К. Мецераков, И. В. Гайгал, К. Р. Мецераков)	546	Коэффициент загрузки станка	629
Основные типы устройств ЧПУ и станков	546	Определение числа условно-высвобождаемых рабочих при внедрении станков с ЧПУ	630
Системы координат станка с ЧПУ, детали, инструменты	549	Многостаночное обслуживание станков с ЧПУ	631
Типовые и постоянные циклы обработки элементов деталей	550	Расчет экономической эффективности внедрения станков с ЧПУ	636
Расчет координатных перемещений	557	Проблемы, возникающие при создании гибких производственных систем высокого уровня (В. Н. Васильев, Р. К. Мецераков)	638
Последовательность выполнения переходов обработки деталей	559	Перечень ГОСТов	645
		Предметный указатель	648

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Качество изготовления продукции определяется совокупностью свойств процесса ее изготовления, соответствием этого процесса и его результатов установленным требованиям. Основными производственными факторами являются качество оборудования и инструмента, физико-химические, механические и другие свойства исходных материалов и заготовок, совершенство разработанного технологического процесса и качество выполнения обработки и контроля.

В машиностроении показатели качества изделий весьма тесно связаны с точностью обработки деталей машин. Полученные при обработке размер, форма и расположение элементарных поверхностей определяют фактические зазоры и натяги в соединениях деталей машин, а следовательно, технические параметры продукции, влияющие на ее качество (например, мощность двигателей, точность станков), надежность и экономические показатели производства и эксплуатации.

Под *погрешностью обработки* понимают отклонение полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного. *Абсолютную погрешность* выражают в единицах рассматриваемого параметра: $\Delta X = X_d - X_n$, где X_d и X_n — соответственно действительное (полученное) и номинальное значения параметра. При несимметричном расположении поля допуска относительно номинального значения вместо номинального значения параметра принимают его среднее значение. Отношение абсолютной погрешности к заданному значению параметра называют *относительной погрешностью*: $\Delta X/X_n$ или $\Delta X/X_n \cdot 100\%$. Количественно точность характеризуется обратной величиной модуля относительной погрешности $|\Delta X/X_n|^{-1}$.

Конструктивные допуски и технические требования на изготовление деталей назначают с учетом условий работы деталей в машине. Эти требования обеспечиваются финишными переходами обработки. Однако важно обязательное соблюдение технологического

регламента изготовления детали и на всех предшествующих переходах обработки, так как результаты финишных переходов обработки существенно зависят от качества выполнения предшествующих переходов обработки.

Допуски размеров регламентируются ГОСТ 25346–82 (СТ СЭВ 145–75), допуски формы и расположения — ГОСТ 24643–81 (СТ СЭВ 636–77).

В табл. 1–3 приведены допуски формы цилиндрических и плоских поверхностей и значения параметра шероховатости Ra в зависимости от квалитетов допусков размеров и уровней относительной геометрической точности. При отсутствии указаний о допускаемых отклонениях формы и расположения поверхностей эти отклонения ограничиваются полем допуска на размер. Однако на всех переходах механической обработки отклонения формы и расположения поверхностей рекомендуется ограничивать некоторой частью допуска размера, с тем чтобы исключить возможность появления брака по размеру.

ТАБЛИЦЫ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Особенности выполнения отдельных операций не позволяют дать заключение о точности обработки по аналогии с другими операциями, так как между ними не бывает всестороннего сходства. В частности, отличаются размеры и форма обрабатываемых заготовок, состояние станков, режимы обработки и другие технологические факторы. Хотя таблицы дают лишь общее представление о возможной точности обработки, они необходимы как справочные данные при проектировании технологических процессов.

Приводимые таблицы содержат ориентировочные данные по точности для различных методов обработки, полученные систематизацией непосредственных наблюдений в производственных условиях.

В табл. 4 и 5 приведены данные о точности и качестве поверхностей при обработке наружных цилиндрических поверхностей и отверстий, а в табл. 6 — данные о точности расположения осей отверстий при растачивании.

Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов точности

1. Допуски (мкм) формы цилиндрических поверхностей (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения) в зависимости от качества допуска размера

Квалитеты допуска размера при уровне относительной геометрической точности			Интервал номинальных размеров, мм													Степень точности по ГОСТ 24643—81
			До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500		
А	В	С														
		4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	1	
	4	5	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	2	
4	5	6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	3	
5	6	7	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	4	
6	7	8	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	5	
7	8	9	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	6	
8	9	10	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	7	
9	10	11	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	8	
10	11	12	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	9	
11	12		20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250	10	
12			30	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400	11	

Примечания: 1. Под номинальным размером понимают номинальный диаметр поверхности. 2. Допуски цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения (сокращенно «допуски геометрии»), соответствующие уровням: А — нормальной, В — повышенной, С — высокой относительной геометрической точности, составляют примерно 30, 20 и 12% допуска размера. Допуски формы ограничивают отклонения радиуса, а допуски размера — отклонения диаметра поверхности. 3. Допуски геометрии, для которых используется менее 12% допуска размера, характеризуют особо высокую геометрическую точность поверхности. 4. Допуски геометрии назначают в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. Исключение составляют случаи, когда истолкование предельных размеров отличается от установленного ГОСТ 25346—82 (СТ СЭВ 145—75), например, для поверхностей, несопрягаемых или легко деформируемых элементов. В этих случаях числовое значение допуска геометрии может превышать допуск размера.

2. Допуски (мкм) прямолинейности, плоскостности и параллельности плоскостей в зависимости от качества допуска размера (по РТМ 2 НЗ1—4—81)

Квалитеты допуска размера при уровне относительной геометрической точности			Интервал номинальных размеров, мм													
			До 3	Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500
А	В	С														
		4	0,8	1	1,2	1,6	1,6	2—2,5	3	4	5	8	8	10	12	12
		5	1	1,6	2	2	2,5	3—4	5	6	8	10	10	12	16	20
	4		1,2	1,6	2	2,5	2,5	3—4	5	6	8	12	12	16	20	20
4		2	2,5	3	4	4	4	6	8	10	12	20	20	25	30	30
	5	6	1,6	2—2,5	2,5—3	3	4	5—6	6—8	8—10	10—12	12—16	16	20	25	25—30
5	6	7	2,5	3—4	4—5	5	6	8—10	10—12	12—16	16—20	20—25	25	30	40	40—50
6	7	8	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	60—80
7	8	9	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120
8	9	10	10	12	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200
9	10	11	16	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300
10	11	12	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500
11	12		40	50	60	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
12			60	80	100	120	160	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200

Примечание. Под номинальным размером понимают размер наибольшей стороны плоской поверхности.

3. Параметр шероховатости поверхности Ra (мкм) детали в зависимости от качества допуска размера и уровня относительной геометрической точности

Уровни относительной геометрической точности при номинальных размерах, мм				Квалитеты допуска размера											
До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 и 13	14 и 15	16 и 17
C	C—	—C		—	—	—	—	—	—	0,8	0,8	1,6	—	—	—
—B				0,05	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	1,6	1,6	1,6—3,2	6,3	12,5	25
A—	B	—B	C	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	3,2	3,2	3,2	6,3	12,5	25
*				0,1	0,2	0,2—0,4	0,4	0,8	0,8—1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	12,5—25	25—30
	—A		B—	0,2	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6	3,2	3,2	6,3	12,5	12,5	25
	*			0,2	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6	6,3—3,2	6,3	6,3—12,5	25	25—50	50—100
		A—	—A	0,4	0,8	0,8	1,6	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50
		*—	*—	0,2—0,4	0,4—0,8	0,8	0,8—1,6	1,6—3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50	100
				0,4—0,8	0,8—1,6	1,6	1,6—3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	12,5	25	50	100

Примечания: 1. По данным РТМ 2 Н31-4—81. 2. В таблице установлены наиболее грубые пределы (наибольшие допускаемые) параметра Ra .

Приняты следующие соотношения для уровней относительной точности: $Ra < 0,05 IT$ ($Rz < 0,2 IT$) — для уровня А (нормальный); $Ra < 0,025 IT$ ($Rz < 0,1 IT$) — для уровня В (повышенной); $Ra < 0,012 IT$ ($Rz < 0,05 IT$) — для уровня С (высокой), где IT — допуск соответствующего размера. 3. Для особо высокой относительной геометрической точности (допуски формы составляют менее 25% допуска размера) $Ra < 0,15 T_F$ ($Rz < 0,6 T_F$), где T_F — допуск формы. 4. При заданных допусках биения T_c (радиального, торцового, в заданном направлении, полного радиального, полного торцового биения) рекомендуется назначать $Ra < 0,1 T_c$ ($Rz < 0,4 T_c$). 5. Знак * означает, что рассматривается случай, когда допуски формы не указаны на чертеже, т. е. допуски формы ограничиваются полем допуска размера. 6. Знак (—) перед или после обозначения уровня относительной точности означает, что следует назначать величину Ra , указанную в таблице относительно знака (—). Например, по 11-му квалитету для —В и —С принимают $Ra = 3,2$ мкм; для С — принимают $Ra = 1,6$ мкм.

4. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

Обработка	Параметр шероховатости поверхности Ra , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска размера	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Обтачивание: черновое	50—6,3	120—60	14	—	—	—	—	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
			13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
получистовое или однократное	25—1,6	50—20	13	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
			12	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
			11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
чистовое	6,3—0,4	30—20	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97

Продолжение табл. 4

Обработка	Параметр шероховатости R_a , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска размера	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Обтачивание тонкое	1,6—0,2	10—5	9 8 7 6	30 18 12 8	36 22 15 9	43 27 18 11	52 33 21 13	62 39 25 16	74 46 30 19	87 57 35 22	100 63 40 25	115 72 46 29	130 81 52 32	140 89 57 36	155 97 63 40
Шлифование: предварительное чистовое тонкое	6,3—0,4	20	9 8	30 18	36 22	43 27	52 33	62 39	74 46	87 57	100 63	115 72	130 81	140 89	155 97
	3,2—0,2	15—5	7 6	12 8	15 9	18 11	21 13	25 16	30 19	35 22	40 25	46 29	52 32	57 36	63 40
	1,6—0,1	5	6 5	8 5	9 6	11 8	13 9	16 11	19 13	22 15	25 18	29 20	32 23	36 25	40 27
Притирка, суперфиниширование	0,8—0,1	5—3	5 4	5 4	6 4	8 5	9 6	11 7	13 8	15 10	18 12	20 14	23 16	25 18	27 20
Обкатывание, алмазное выглаживание	0,8—0,05	—	10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
			9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
			8	18	22	27	33	39	46	57	63	72	81	89	97
			7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
			6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
			5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27

Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643—81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
Обтачивание: черновое получистовое или однократное чистовое тонкое	11—12—13	—	—	—	80—120—200
	10—11—12	25—40—60	30—50—80	40—60—100	50—80—120
	9—10—11	16—25—40	20—30—50	25—40—60	30—50—80
	10—11—12	25—40—60	30—50—80	40—60—100	50—80—120
	9—10—11	16—25—40	20—30—50	25—40—60	30—50—80
	8—9—10	10—16—25	12—20—30	16—25—40	20—30—50
	7—8—9	6—10—16	8—12—20	10—16—25	12—20—30
	6—7—8	4—6—10	5—8—12	6—10—16	8—12—20
	5—6—7	2,5—4—6	3—5—8	4—6—10	5—8—12
	6—7—8	4—6—10	5—8—12	6—10—16	8—12—20
тонкое	5—6—7	2,5—4—6	3—5—8	4—6—10	5—8—12
	4—5—6	1,6—2,5—4	2—3—5	2,5—4—6	3—5—8
	3—4—5	1,0—1,6—2,5	1,2—2—3	1,6—2,5—4	2—3—5
Шлифование: предварительное чистовое тонкое	6—7—8	4—6—10	5—8—12	6—10—16	8—12—20
	5—6—7	2,5—4—6	3—5—8	4—6—10	5—8—12
	4—5—6	1,6—2,5—4	2—3—5	2,5—4—6	3—5—8
	3—4—5	1,0—1,6—2,5	1,2—2—3	1,6—2,5—4	2—3—5
	3—4—5	1,0—1,6—2,5	1,2—2—3	1,6—2,5—4	2—3—5
Притирка, суперфиниширование	2—3—4	0,6—1,0—1,6	0,8—1,2—2	1,0—1,6—2,5	1,2—2—3
	2—3—4	0,6—1,0—1,6	0,8—1,2—2	1,0—1,6—2,5	1,2—2—3
	1—2—3	0,4—0,6—1,0	0,5—0,8—1,2	0,6—1,0—1,6	0,8—1,2—2

Продолжение табл. 4

Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
Обкатывание, алмазное выглаживание	7-8-9	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
	5-6-7	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	4-5-6	1,6-2,5-4	2-3-5	2,5-4-6	3-5-8
	3-4-5	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3	1,6-2,5-4	2-3-5
	2-3-4	0,6-1,0-1,6	0,8-1,2-2	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3
Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм			
		Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 500
Обтачивание: черновое получистовое или однократное чистовое тонкое	11-12-13	100-160-240	120-200-300	160-240-400	200-300-500
	10-11-12	60-100-160	80-120-200	100-160-240	120-200-300
	9-10-11	40-60-100	50-80-120	60-100-160	80-120-200
	10-11-12	60-100-160	80-120-200	100-160-240	120-200-300
	9-10-11	40-60-100	50-80-120	60-100-160	80-120-200
		25-40-60	30-50-80	40-60-100	50-80-120
	8-9-10				
	7-8-9	16-25-40	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	6-7-8	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	5-6-7	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	6-7-8	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	5-6-7	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
Шлифование: предварительное чистовое тонкое Притирка, суперфиниширование	4-5-6	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
	3-4-5	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	3-4-5	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	2-3-4	1,6-2,5-4	2-3-5	2,5-4-6	3-5-8
	2-3-4	1,6-2,5-4	2-3-5	2,5-4-6	3-5-8
	1-2-3	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3	1,6-2,5-4	2-3-5
Обкатывание, алмазное выглаживание	7-8-9	16-25-40	20-30-50	25-40-60	30-50-80
	6-7-8	10-16-25	12-20-30	16-25-40	20-30-50
	5-6-7	6-10-16	8-12-20	10-16-25	12-20-30
	4-5-6	4-6-10	5-8-12	6-10-16	8-12-20
	3-4-5	2,5-4-6	3-5-8	4-6-10	5-8-12
	2-3-4	1,6-2,5-4	2-3-5	2,5-4-6	3-5-8

Примечания: 1. Приведенные в таблице данные относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных сплавов допуски на размер и допуски формы можно принимать соответственно на один квалитет и одну степень точнее. 2. Допуски на размер и допуски формы действительны для поверхностей с $l/d < 2$. При $l/d = 2 \div 10$ допуски принимать соответственно на один-два квалитета и одну-две степени точности формы грубее. 3. Допуски формы (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения — сокращенно «допуски геометрии») указаны для уровней С-В-А (С — высокой, В — повышенной и А — нормальной) относительной геометрической точности. 4. Указанные в таблице значения параметра Ra примерно соответствуют уровням А-С относительной геометрической точности, причем $Rz = 4Ra$.

5. Точность и качество поверхности при обработке отверстий

Обработка	Параметр шероховатости поверхности, R_a , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Классификация допуска размера	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах отверстий, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Сверление и рас- сверливание	25—0,8	70—15	13 12 11 10 9	— — 75 48 30	— — 90 58 36	270 180 110 70 43	330 210 130 84 52	390 250 160 100 62	460 300 190 120 74	—	—	—	—	—	—
Зенкерование: черновое	25—6,3	50—20	13 12	— —	— —	270 180	330 210	390 250	460 300	540 350	—	—	—	—	—
однократное литого или прошитого от- верстия; чистовое пос- ле чернового или сверления	25—0,4	50—20	13 12 11 10 9 8	—	—	270 180 110 70 43 27	330 210 130 84 52 33	390 250 160 100 62 39	460 300 190 120 74 46	540 350 220 140 87 57	—	—	—	—	—
Развертывание: нормальное	12,5—0,8	25—15	11 10	75 48	90 58	110 70	130 84	160 100	190 120	220 140	250 160	290 185	320 210	360 230	—
точное	6,3—0,4	15—5	9 8 7	30 18 12	36 22 15	43 27 18	52 33 21	62 39 25	74 46 30	87 57 35	100 63 40	115 72 46	130 81 52	140 89 57	—
тонкое	3,2—0,1	10—5	6 5	8 5	9 6	11 8	13 9	16 11	19 13	22 15	25 18	29 20	32 23	36 25	—
Протягивание: черновое	12,5—0,8	25—10	11 10	— —	— —	— —	— —	160 100	190 120	220 140	250 160	—	—	—	—
литого или прошитого от- верстия															
чистовое после черново- го или после сверления	6,3—0,2	10—5	9 8 7 6	— — — —	— — — —	43 27 18 11	52 33 21 13	62 39 25 16	74 46 30 19	87 57 35 22	100 63 40 25	—	—	—	—
Растачивание: черновое	25—1,6	50—20	13 12 11	180 120 75	220 150 90	270 180 110	330 210 130	390 250 160	460 300 190	540 350 220	630 400 250	720 460 290	810 520 320	890 570 360	970 630 400
чистовое	6,3—0,4	25—10	10 9 8	48 30 18	58 36 22	70 43 27	84 52 33	100 62 39	120 74 46	140 87 57	160 100 63	185 115 72	210 130 81	230 140 89	250 155 97

Продолжение табл. 5

Обработка	Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм	Квалитет допуска размера	Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах отверстий, мм											
				Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
Растачивание тонкое	3,2—1,6	10—5	7 6 5	12 8 5	15 9 6	18 11 8	21 13 9	25 16 11	30 19 13	35 22 15	40 25 18	46 29 20	52 32 23	57 36 25	63 40 27
Шлифование: предварительное	6,3—0,4	25—10	9 8	— —	— —	43 27	52 33	62 39	74 46	87 57	100 63	115 72	130 81	140 89	155 97
чистовое	3,2—0,2	20—5	7 6	— —	— —	18 11	21 13	25 16	30 19	35 22	40 25	46 29	52 32	57 36	63 40
тонкое	1,6—0,1	10—5	5	—	—	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
Притирка, хонингование	1,6—0,1	5—3	5 4	5 4	6 4	8 5	9 6	11 7	13 8	15 10	18 12	20 14	23 16	25 18	27 20
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	6,3—0,1	—	10 9 8 7 6 5	— — — — — —	58 36 22 15 9 6	70 43 27 18 11 8	84 52 33 21 13 9	100 62 39 25 16 11	120 74 46 30 19 13	140 87 57 35 22 15	160 100 63 40 25 18	185 115 72 46 29 20	210 130 81 52 32 23	230 140 89 57 36 25	250 155 97 63 40 27
Обработка	Степень точности формы по ГОСТ 24643—81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах отверстий, мм													
		Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50										
Сверление и рас- сверливание	10—11—12 9—10—11 8—9—10 7—8—9 6—7—8	— — 10—16—25 6—10—16 4—6—10	30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 5—8—12	40—60—100 25—40—60 16—25—40 10—16—25 6—10—16	50—80—120 30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20										
Зенкерование: черновое	10—11—12 9—10—11	—	30—50—80 20—30—50	40—60—120 25—40—60	50—80—120 30—50—80										
однократное литого или прошито- го отверстия; чистовое после черново- го или сверле- ния	10—11—12 9—10—11 8—9—10 7—8—9 6—7—8 5—6—7	—	30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 5—8—12 3—5—8	40—60—120 25—40—60 16—25—40 10—16—25 6—10—16 4—6—10	50—80—120 30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 5—8—12										

Продолжение табл. 5

Обработка	Степень точности форм по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах отверстий, мм			
		Св. 3 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
Развертывание: нормальное	8-9-10 7-8-9	10-16-25 6-10-16	12-20-30 8-12-20	16-25-40 10-16-25	20-30-50 12-20-30
точное	6-7-8 5-6-7 4-5-6	4-6-10 2,5-4-6 1,6-2,5-4	5-8-12 3-5-8 2-3-5	6-10-16 4-6-10 2,5-4-6	8-12-20 5-8-12 3-5-8
тонкое	3-4-5 2-3-4	1,0-1,6-2,5 0,6-1,0-1,6	1,2-2-3 0,8-1,2-2	1,6-2,5-4 1,0-1,6-2,5	2-3-5 1,2-2-3
Протягивание: черновое литого или прошито отверстия	8-9-10 7-8-9	—	—	—	20-30-50 12-20-30
чистовое после черново- го или после сверления	6-7-8 5-6-7 4-5-6 3-4-5	—	5-8-12 3-5-8 2-3-5 1,2-2-3	6-10-25 4-6-10 2,5-4-6 1,6-2,5-4	8-12-20 5-8-12 3-5-8 2-3-5
Растачивание: черновое	10-11 9-10-11 8-9-10	25-40-60 16-25-40 10-16-25	30-50-80 20-30-50 12-20-30	40-60-100 25-40-60 16-25-40	50-80-120 30-50-80 20-30-50
чистовое	7-8-9 6-7-8 5-6-7	6-10-16 4-6-10 2,5-4-6	8-12-20 5-8-12 3-5-8	10-16-25 6-10-16 4-6-10	12-20-30 8-12-20 5-8-12
тонкое	4-5-6 3-4-5 2-3-4	1,6-2,5-4 1,0-1,6-2,5 0,6-1,0-1,6	2-3-5 1,2-2-3 0,8-1,2-2	2,5-4-6 1,6-2,5-4 1,0-1,6-2,5	3-5-8 2-3-5 1,2-2-3
Шлифование: предваритель- ное	6-7-8 5-6-7	—	5-8-12 3-5-8	6-10-16 4-6-10	8-12-20 5-8-12
чистовое	4-5-6 3-4-5	—	2-3-5 1,2-2-3	2,5-4-6 1,6-2,5-4	3-5-8 2-3-5
тонкое	2-3-4	—	0,8-1,2-2	1,0-1,6-2,5	1,2-2-3
Притирка, хонин- гование	2-3-4 1-2-3	0,6-1,0-1,6 0,4-0,6-1,0	0,8-1,2-2 0,5-0,8-1,2	1,0-1,6-2,5 0,6-1,0-1,6	1,2-2-3 0,8-1,2-2
Раскатывание, калибрование, ал- мазное выглажи- вание	7-8-9 6-7-8 5-6-7 4-5-6 3-4-5 2-3-4	6-10-16 4-6-10 2,5-4-6 1,6-2,5-4 1,0-1,6-2,5 0,6-1,0-1,6	8-12-20 5-8-12 3-5-8 2-3-5 1,2-2-3 0,8-1,2-2	10-16-25 6-10-16 4-6-10 2,5-4-6 1,6-2,5-4 1,0-1,6-2,5	12-20-30 8-12-20 5-8-12 3-5-8 2-3-5 1,2-2-3

Продолжение табл. 5

Обработка	Степень точности форм по ГОСТ 24643-81	Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах отверстий, мм			
		Св. 50 до 120	Св. 120 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 500
Сверление и рас- сверливание	10-11-12 9-10-11 8-9-10 7-8-9 6-7-8	60-100-160 40-60-100 25-40-60 16-25-40 10-16-25	—	—	—
Зенкерование: черновое	10-11-12 9-10-11	60-100-160 40-60-100	—	—	—
однократное литого или прошитого отверстия чистовое после черно- вого или свер- ления	10-11-12 9-10-11 8-9-10 7-8-9 6-7-8 5-6-7	60-100-160 40-60-100 25-40-60 16-25-40 10-16-25 6-10-16	—	—	—
Развертывание: нормальное	8-9-10 7-8-9	25-40-60 16-25-40	30-50-80 20-30-50	40-60-100 25-40-60	—
точное	6-7-8 5-6-7 4-5-6	10-16-25 6-10-16 4-6-10	12-20-30 8-12-20 5-8-12	16-25-40 10-16-25 6-10-16	—
тонкое	3-4-5 2-3-4	2,5-4-6 1,6-2,5-4	3-5-8 2-3-5	4-6-10 2,5-4-6	—
Протягивание: черновое литого или прошитого отверстия	8-9-10 7-8-9	25-40-60 16-25-40	30-50-80 20-30-50	—	—
чистовое после черно- вого или пос- ле сверления	6-7-8 5-6-7 4-5-6 3-4-5	10-16-25 6-10-16 4-6-10 2,5-4-6	12-20-30 8-12-20 5-8-12 3-5-8	—	—
Растачивание: черновое	10-11-12 9-10-11 8-9-10	60-100-160 40-60-1000 25-40-60	80-120-200 50-80-120 30-50-80	100-160-240 60-100-160 40-60-100	120-200-300 80-120-200 50-80-120
чистовое	7-8-9 6-7-8 5-6-7	16-25-40 10-16-25 6-10-16	20-30-50 12-20-30 8-12-20	25-40-60 16-25-40 10-16-25	30-50-80 20-30-50 12-20-30
тонкое	4-5-6 3-4-5 2-3-4	4-6-10 2,5-4-6 1,6-2,5-4	5-8-12 3-5-8 2-3-5	6-10-16 4-6-10 2,5-4-6	8-12-20 5-8-12 3-5-8