

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю. Н. Полянчиков, А. Г. Схиртладзе, А. Н. Воронцова, С. И. Кормилицин,  
В. А. Солодков, М. Ю. Полянчикова, Д. В. Крайнев, А. А. Емельяненко

# СБОРНИК ЗАДАНИЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕРЫ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Учебное пособие

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки: «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»



Волгоград

2012

УДК 621.75 (075)

Рецензенты:

кафедра КиМО Саратовского государственного технического университета,  
д-р техн. наук, профессор Б. М. Бржзовский;

ректор Санкт-Петербургского института машиноведения (ЛМЗ-ВТУЗ) ПИМаш  
д-р техн. наук, профессор Ю. М. Зубарев

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Волгоградского государственного технического университета

Сборник заданий по технологии машиностроения и примеры их выполнения:  
Учеб. пособие / Ю. Н. Полянчиков, А. Г. Схиртладзе, А. Н. Воронцова,  
С. И. Кормилицин, В. А. Солодков, М. Ю. Полянчикова, Д. В. Крайнев,  
А. А. Емельяненко. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. – 126 с.  
ISBN 978-5-9948-0868-9.

Соответствует программе курса по технологии машиностроения. Приведены задачи и упражнения по темам: статистические методы оценки качества деталей; расчет погрешностей установки; расчет элементарных погрешностей обработки заготовок; анализ технологических размерных цепей; расчет припусков на обработку и операционных размеров заготовки; проектирование маршрута механической обработки; проектирование технологической операции.

Даны методические указания и примеры решения задач.

Предназначено для студентов специальности 1201 "Технология машиностроения" и 1202 "Станки и инструменты".

Ил. 86. Табл. 35. Библиогр.: 29 назв.

ISBN 978-5-9948-0868-3.

© Волгоградский  
государственный  
технический университет,  
2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА I СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ.....	5
ГЛАВА II РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ.....	15
ГЛАВА III РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ.....	30
ГЛАВА IV АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ.....	48
ГЛАВА V РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ.....	53
ГЛАВА VI ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ.....	66
ГЛАВА VII ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ.....	83
ГЛАВА VIII ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ.....	94
ГЛАВА IX АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ.....	118
Список использованной литературы.....	124

## ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

В учебном пособии приводятся практические задания по дисциплине «Технология машиностроения» с необходимым теоретическим материалом и примерами выполнения по темам: статистические методы оценки качества деталей; расчет элементарных погрешностей обработки заготовок; анализ технологических размерных цепей; расчет припусков на обработку и операционных размеров заготовки; проектирование маршрута механической обработки; проектирование технологической операции; разработка управляющей программы для станков с ЧПУ; автоматизация программирования обработки деталей на станках с ЧПУ.

Учебное пособие направлено на выработку у студентов практических умений и знаний решения технологических задач различной направленности.

Пособие разработано в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

## ГЛАВА I

### СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ

Погрешности обработки заготовки распределяются по самым сложным законам, часто довольно сложным – комбинированным.

В среднем можно считать, что при обработке заготовок с повышенной точностью 5–6-го квалитетов и выше, при их обработке по методу пробных проходов, погрешности размеров распределяются по закону равной вероятности.

При обработке заготовок с точностью 7–8-го, а в отдельных случаях и 6-го квалитетов распределение погрешностей подчиняется закону равнобедренного треугольника. При механической обработке заготовок с точностью 8, 9, 10-го квалитетов (и грубее), особенно при автоматическом получении заданных размеров, распределение имеет характер нормального закона.

Приняв гипотезу о предполагаемом распределении погрешностей обработки, надо проверить эту гипотезу. Рекомендуется использовать критерий Пирсона (критерий "χ-квадратов"). Причем можно использовать запись критерия в виде:

$$\chi_{0n}^2 = \sum_1^u n_{0i}^2 \left| n_{pi} - 2 \sum_1^u n_{0i} + \sum_1^u n_{pi} \right|,$$

где  $n_{0i}$  – опытное число замеров, приходящееся на один  $i$ -й интервал;  $n_{pi}$  – расчетное (соответствующее, предполагаемому закону) число замеров на тот же интервал.

Рекомендуется интервал варьирования разбить на  $u = 5 - 7$  элементарным интервалам, для которых подсчитать вероятность попадания переменной. В этом случае число степеней свободы  $K = u - 3$ . Установив число степеней свободы и задавшись уровнем значимости  $\alpha$ , по табл. 1.1 установить табличное значение критерия  $\chi_{табл}^2$  и, если  $\chi_{оп}^2 < \chi_{табл}^2$  гипотеза о предполагаемом законе распределения принимается.

Таблица 1.1

Критические точки распределения  $\chi^2$

Число степеней свободы $K$	Уровень значимости $\alpha$						
	0,001	0,01	0,02	0,05	0,1	0,20	0,30
2	13,82	9,21	7,82	5,99	4,6	3,22	2,41
3	16,27	11,34	9,84	7,82	6,25	4,64	3,66
4	18,64	13,28	11,67	9,49	7,78	5,99	4,88
5	20,5	15,09	13,39	11,07	9,24	7,29	6,06

**Примечание.** Обычно при анализе технологической операции принимается уровень значимости  $\alpha = 0,05$ .

При законе равной вероятности попадания случайного значения размера детали в интервале

$$n_{pi} = n/u ,$$

где  $n$  – число замерных деталей.

При законе равнобедренного треугольника

$$n_{pi} = n \cdot P_i ,$$

где  $P_i = P[x_1 < x < x_2] = \frac{x_2 - x_1}{12\sigma^2} (4,9\sigma - x_1 - x_2)$ ;  $\sigma$  – стандартное отклонение, найденное по опытным данным;  $x_1$  и  $x_2$  – размеры границ элементарного интервала.

При нормальном законе распределения  $n_p = n \cdot P_i$ , где вероятность  $P_i$  определяется по табл. 1.2 значений, функций  $\Phi(z)$  ( $z = x/\sigma$ ).

Установив закон распределения случайных погрешностей и подсчитав статистические характеристики распределения, можно установить величину поля рассеяния случайных отклонений размеров заготовки:

при нормальном распределении  $\omega = 6\sigma$ ;

при распределении по закону Симпсона  $\omega = 4,9\sigma$ ;

при распределении по закону равной вероятности  $\omega = 3,4\sigma$ .

Надежность обработки заготовки без брака характеризуется запасом точности данной операции

$$\psi = TA/\omega ,$$

где  $TA$  — поле чертежного допуска детали.

Когда запас точности  $\psi > 1$ , обработка заготовки может быть осуществлена без брака (если вероятность брака у анализируемой партии деталей существует, то это указывает на необходимость подналадки станка).

При  $\psi < 1$  брак весьма вероятен.

При  $\psi \geq 1,2$  процесс обработки можно считать надежным.

Таблица 1.2

Табличное значение функции  $\Phi(z)$ 

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0909	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1555	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2045	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3183	0,3212	0,3228	0,3264	0,3269	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,37	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441

Продолжение табл. 1.2

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4865	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4958	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4984	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4986	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,499	0,499



Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 1.3

Таблица 1.3

Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
0	Чистовая обточка шейки вала $\varnothing 30_{-0,084}$	29,989	29,975	29,963	29,965	29,975
		29,995	29,99	29,965	29,975	29,99
		29,985	29,955	29,97	29,98	29,975
		29,99	29,975	29,965	29,96	29,96
		29,965	29,97	29,985	29,98	29,99
1	Шлифование шейки вала $\varnothing 30_{-0,033}$	29,992	29,977	29,986	29,962	29,99
		29,989	29,973	29,976	29,972	29,985
		29,988	29,978	29,984	29,985	29,98
		29,981	29,974	29,985	29,982	29,98
		29,978	29,976	29,981	29,982	29,981
2	Алмазная расточка отверстия $\varnothing 100^{+0,054}$	100,045	100,015	100,015	100,04	100,022
		100,02	100,01	100,032	100,035	100,025
		100,04	100,005	100,01	100,03	100,025
		100,025	100,012	100,015	100,04	100,03
		100,03	100,03	100,02	100,025	100,03
3	Получистовая обточка шейки вала $\varnothing 60_{-0,09}$	59,9	59,92	59,99	59,975	59,915
		59,95	59,96	59,955	59,95	59,925
		59,915	59,97	59,975	59,99	59,92
		59,925	59,95	59,955	59,97	59,95
		59,94	59,95	59,95	59,96	59,94
4	Доводка шейки вала $\varnothing 86_{-0,022}$	84,998	84,997	84,99	84,99	84,988
		84,998	84,985	84,992	84,996	84,985
		84,988	84,98	84,997	84,98	84,988
		84,99	84,995	84,992	84,995	84,995
		84,982	84,996	84,985	84,98	84,982
5	Шлифование шейки вала $\varnothing 85_{-0,056}$	84,998	84,962	84,975	84,98	84,97
		84,985	84,968	84,982	84,984	84,98
		84,99	84,988	84,975	84,97	84,978
		84,992	84,985	84,975	84,982	84,978
		84,97	84,985	84,98	84,98	84,976

Продолжение табл. 1.3

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
б	Черновая обточка шейки вала $\varnothing 50_{-0,25}$	49,925	49,96	49,975	49,995	49,99
		49,975	49,95	49,96	49,975	49,95
		49,98	49,97	49,95	49,965	49,975
		49,95	49,965	49,97	49,965	49,95
		49,965	49,96	49,95	49,96	49,98
7	Доводка отверстия $\varnothing 75^{+0,019}$	75,019	75,015	75,015	75,005	75,01
		75,018	75,001	75,002	75,018	75,01
		75,002	75,017	75,014	75,007	75,005
		75,002	75,01	75,015	75,019	75,009
		75,005	75,019	75,006	75,002	75,006
8	Черновое расточивание отверстия $\varnothing 60^{+0,19}$	60,05	60,075	60,075	60,15	60,05
		60,075	60,03	60,05	60,04	60,01
		60,05	60,075	60,06	60,02	60,08
		60,05	60,1	60,08	60,05	60,03
		60,075	60,08	60,1	60,075	60,1
9	Тонкая обточка шейки вала $\varnothing 35_{-0,039}$	34,988	34,986	34,973	34,971	34,967
		34,961	34,991	34,981	34,962	34,983
		34,977	34,972	34,984	34,974	34,982
		34,977	34,972	34,976	34,987	34,982
		34,968	34,976	34,977	34,978	34,978
10	Хонингование отверстия $\varnothing 200^{+0,072}$	200,045	200,03	200,024	200,020	200,035
		200,055	200,04	200,03	200,02	200,00
		200,015	200,045	200,03	200,015	200,010
		200,045	200,035	200,03	200,04	200,035
		200,03	200,024	200,03	200,03	200,02
11	Чистовая расточка отверстия $\varnothing 75^{+0,14}$	120,085	120,04	120,04	120,02	120,015
		120,06	120,05	120,03	120,005	120,075
		120,08	120,06	120,05	120,05	120,05
		120,065	120,03	120,075	120,06	120,04
		120,05	120,05	120,075	120,065	120,065
12	Шлифование шейки вала $\varnothing 55_{-0,048}$	54,97	54,98	54,982	54,975	54,988
		55,00	54,996	54,98	54,985	54,99
		54,978	54,985	54,995	54,978	54,988
		54,975	54,982	54,995	54,99	54,99
		54,985	54,985	54,982	54,08	54,975

Продолжение табл. 1.3

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
13	Чистовое шлифование шейки вала $\varnothing 40_{-0,025}$	39,983	39,982	39,99	39,992	39,982
		39,975	39,992	39,986	39,98	39,986
		39,994	39,983	39,988	39,997	39,98
		39,981	39,99	39,985	39,989	39,99
		39,995	39,988	39,986	39,985	39,984
14	Черновая расточка отверстия $\varnothing 65^{+0,3}$	65,08	65,04	65,06	65,06	65,04
		65,04	65,075	65,05	65,05	65,01
		65,03	65,03	65,075	65,06	65,02
		65,08	65,075	65,02	65,04	65,05
		65,075	65,075	65,06	65,06	65,05
15	Шлифование шейки вала $\varnothing 25_{-0,084}$	24,925	24,96	24,945	24,35	24,965
		24,92	24,985	24,97	24,95	24,925
		24,916	24,95	24,985	24,965	24,95
		24,935	24,965	24,955	24,95	24,97
		24,955	24,95	24,935	24,93	
16	Чистовая обточка шейки вала $\varnothing 18_{-0,07}$	17,98	17,99	17,97	17,97	17,995
		17,97	17,985	17,99	17,96	17,965
		17,975	17,96	17,985	17,955	17,97
		17,975	17,975	17,96	17,965	17,985
		17,975	17,97	17,965	17,975	17,98
17	Черновая обточка шейки вала $\varnothing 55_{-0,3}$	54,9	54,87	54,85	54,92	54,87
		54,95	54,984	54,87	54,9	54,95
		54,85	54,8	54,99	54,955	54,9
		54,0	54,989	54,87	54,9	54,9
		54,92	54,925	54,9	54,955	54,925
18	Доводка отверстия $\varnothing 50^{+0,016}$	50,014	50,012	50,005	50,00	50,002
		50,01	50,005	50,002	50,01	50,015
		50,01	50,014	50,002	50,008	50,002
		50,005	50,015	50,005	50,008	50,01
		50,005	50,008	50,01	50,002	50,008
19	Черновая обточка шейки вала $\varnothing 32_{-0,25}$	31,86	31,9	31,92	31,92	31,99
		31,96	31,825	31,9	31,88	31,98
		31,92	31,86	31,87	31,94	31,96
		31,92	31,9	31,94	31,87	31,88
		31,95	31,9	31,92	31,95	31,92

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
20	Шлифование отверстия $\varnothing 35^{+0,089}$	35,022	35,01	35,015	35,018	35,015
		35,003	35,004	35,015	35,02	35,025
		35,018	35,015	35,005	35,02	35,022
		35,012	35,01	35,005	35,015	35,01
		35,024	35,018	35,016	35,016	35,012
21	Черновая обточка шейки вала $\varnothing 40_{-0,16}$	39,99	39,93	39,93	39,97	39,93
		39,95	39,965	39,97	39,975	39,93
		39,95	39,965	39,96	39,96	39,985
		39,95	39,9	39,975	39,95	39,92
		39,94	39,95	39,95	39,92	39,95
22	Тонкое шлифование шейки вала $\varnothing 12_{-0,011}$	11,989	12,00	11,99	11,997	11,992
		11,998	12,00	11,992	11,995	12,00
		11,992	11,989	11,995	11,998	12,00
		11,997	11,99	11,99	11,989	11,995
		11,998	11,995	11,992	11,989	11,995
23	Чистовая расточка отверстия $\varnothing 125^{+0,063}$	125,05	125,04	125,04	125,035	125,02
		125,02	125,005	125,045	125,025	125,015
		125,01	125,024	125,025	125,035	125,03
		125,015	125,02	125,03	125,025	125,03
		175,035	125,045	125,045	125,03	125,02
24	Тонкое шлифование шейки вала $\varnothing 20_{-0,013}$	19,99	19,995	19,997	20,00	19,99
		19,99	19,998	19,997	19,989	20,00
		19,998	19,992	19,992	19,99	19,995
		19,995	19,989	19,99	19,992	19,992
		19,995	19,992	19,995	19,942	19,942
25	Чистовая расточка отверстия $\varnothing 150^{+0,063}$	150,03	150,025	150,035	150,04	150,025
		150,025	150,02	150,008	150,01	150,035
		150,025	150,015	150,02	150,04	150,012
		150,05	150,04	150,015	150,025	150,03
		150,015	150,025	150,025	150,03	150,012

### Задача 1.1 (Вариант 0 — см. табл. 1.3)

Для представленной пробы из 25 деталей, обработанных при заданной операции, вычислить числовые характеристики случайных размеров деталей, выдвинуть и проверить рабочую гипотезу о предполагаемом законе распределения случайных размеров, установить точность выполнения анализируемой операции механической обработки, установить возможный процент брака деталей при их обработке без подналадки станка.

#### Решение

Анализируется операция чистовой обточки вала  $\varnothing 30_{-0,084}$ , на основании результатов замера деталей пробы подсчитываются отклонения  $X$  от номинала в мкм: 5, 10, 10, 10, 10, 15, 15, 15, 20, 20, 25, 25, 25, 25, 25, 30, 30, 35, 35, 35, 35, 35, 40, 40, 45 мкм.

Вычисляется среднее арифметическое значение отклонения  $\bar{x} = 24,6$  мкм, стандартное отклонение  $\sigma = 11,2657$  мкм. Так как обрабатывается заготовка с точностью 10 квалитета, выдвигается и проверяется гипотеза о нормальном распределении.

Отклонения размеров деталей от номинала лежат в пределах от 5 до 45 мкм. Интервал варьирования разбивается на 6 равных интервалов протяженностью 8 мкм каждый. Границы интервалов располагаются так, чтобы среднее арифметическое значение лежало вблизи границ 3-го и 4-го интервалов.

Составляется расчетная табл. 1.4

Таблица 1.4

Расчетные величины	Номер интервалов												$\Sigma$
	I		II		III		IV		V		VI		
$X_{i-1}-X_i$ , МКМ	1	9	9	17	17	25	25	33	33	41	41	49	
$n_{oi}$	1		7		4,5		4,5		7		1		25
$x_{i-1}-x_i$ , МКМ	-24	-16	-16	-8	-8	0	0	8	8	16	16	24	—
$z_{i-1}-z_i$	-2,13	-1,42	-1,42	-0,71	-0,71	0	0	0,71	0,71	1,42	1,42	2,13	—
$P_i$	0.0612		0.1611		0.2611		0.2611		0.1611		0.0612		0.9668
$n_{pi}$	1,53		4,04		6,53		6,53		4,04		1,53		24,2
$n^2_{oi}/n_{pi}$	0,654		12,129		3,101		3,101		12,129		0,654		31,768

Для каждого интервала устанавливается опытная частота: число замеров деталей, приходящихся на интервал (при совпадении размера с границей интервала в два соседних интервала вписывается по 0,5 детали). Размер 25 мкм совпадает с границей интервала, поэтому в III и IV интервалы добавляется по 2,5 единицы.

$$z_i = \frac{x_i}{\sigma} : -2,13; -1,42; -0,71; 0,71; 1,42; 2,13$$

Вероятность попадания размера в интервал (по табл. 1.2)

$$P_I = P_{VI} = 0,4834 - 0,4222 = 0,0612$$

$$P_{II} = P_V = 0,4222 - 0,2611 = 0,1611$$

$$P_{III} = P_{IV} = 0,2611 - 0 = 0,2611$$

Расчетное число деталей в интервале

$$n_{pI} = n_{pVI} = 25 \cdot 0,0612 = 1,53$$

$$n_{pII} = n_{pV} = 25 \cdot 0,1611 = 4,04$$

$$n_{pIII} = n_{pIV} = 25 \cdot 0,2611 = 6,53$$

$$\chi_{on}^2 = 31,768 - 2 \cdot 25 + 24,2 = 5,968$$

При уровне значимости  $\alpha = 0,05$   $\chi_{табл}^2 = 7,82$  (табл. 1.1)  $5,968 < 7,82$  гипотеза о нормальном распределении принимается.

Расчетное поле рассеяния случайных размеров  $\omega = 6\sigma$ ;  $\omega = 6 \cdot 11,2657 = 69,9 \approx 70$  мкм.

Точность операции  $\psi = 84 : 70 = 1,2$  вполне удовлетворительная.

Вероятные предельные размеры:

$$\text{Наибольший: } d_{\max} = 30 - 0,0246 + 3 \cdot 0,0112657 = 30,0093 \approx 30,009 \text{ мм.}$$

$$\text{Наименьший: } d_{\min} = 30 - 0,0246 - 3 \cdot 0,0112657 = 29,9416 \approx 29,942 \text{ мм.}$$

Допустимые предельные размеры: Наибольший:  $d_{\max} = 30,0$  мм. Наименьший:  $d_{\min} = 30 - 0,084 = 29,916$  мм.

Возможен исправимый брак в пределах от 30,0 до 30,009 мм. Вероятность появления этого брака подсчитывается следующим образом.

Определяются отклонения предельных размеров от среднего арифметического значения ( $x_i$ ) в долях  $\sigma$ , т. е.  $z_i = \frac{x_i}{\sigma_i}$ . Для размера 30,0 (в интервале  $0 - x_1$ ) значение  $x_1 = 24,6$  мкм (т. е. соответствует координате центра группирования или среднеарифметическому значению). Тогда, для интервала " $0 - z_1$ ",  $z_1 = 24,6 / 11,2657 = 2,18$ .

Вероятность размеров в интервале  $0 - z_1$  (по табл. 1.2):  $P_1 = 0,4854$ . Для размера 30,009 (в интервале  $0 - x_2$ ) значение  $x_2 = 24,6 + 9 = 33,6$  мкм. Тогда  $z_2 = 33,6 / 11,2657 = 3$ . Вероятность размеров в интервале  $0 - z_2$  (по табл. 1.2):  $P_2 = 0,4986$ .

Вероятность исправимого брака  $P_{\text{брак}} = 0,4986 - 0,4854 = 0,013$ , т. е. 1,3 %.

## ГЛАВА II РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ

Погрешность установки в общем случае складывается из трех элементарных погрешностей: погрешности базирования  $\varepsilon_6$ , погрешности закрепления  $\varepsilon_3$  и погрешности приспособления  $\varepsilon_{II}$ .

При решении перечисленных ниже задач принято считать, обработка заготовки производится с использованием одного приспособления, и погрешности его изготовления и установки на станок учитываются при наладке, поэтому погрешность установки  $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$ .

Погрешность базирования, зависящая от формы базовой поверхности, определяется по формулам, приведенным в табл. 2.1.

Если выполняемый размер входит еще и в размерную технологическую цепь, то его отклонения от номинала определяются по методике расчета размерных цепей.

Погрешности закрепления могут быть определены по данным табл. 2.2; 2.3; 2.4. Указанный справочный материал включает данные, необходимые для решения задач в данной главе. Полностью данные можно позаимствовать из книг [4,21].

Приняты следующие ограничения:

если не сделаны специальные указания, то установочные призмы выполнены с углом  $90^\circ$ ;

обработка ведется методом автоматического получения размеров;

центровые отверстия в валах выполнены по ГОСТ 14034–74, тип А;

опоры и установочные устройства показаны по ГОСТ 3.1107–81.

В задачах этого параграфа на основе операционного эскиза, выполненного по ГОСТ 3.1107–81, или теоретической схемы базирования заготовки требуется:

назначить качество поверхностей заготовки, используемых в качестве установочных баз, и способ их формирования;

вычислить предполагаемую погрешность установки;

вычертить вариант возможной конструктивной реализации установки заготовки.

Таблица 2.1

Погрешности базирования,  
зависящие от формы боковых поверхностей

Номер схемы	Схема установки	Размер	Погрешность базирования
1		$A$	0
		$B$	$Th \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$
			0 при $\alpha = 90^\circ$
		$C$	$TH$
		$K$	$TE$
2		$H_1$	$0,5T_D(1/\sin\alpha-1)$
		$H_2$	$0,5T_D(1/\sin\alpha+1)$
		$H_3$	$0,5T_D1/\sin\alpha$
		$B_1$	$0,5T_D$
		$B_2$	$0,5T_D$
		$B_3$	0
3		$H_1, H_2$	$0,5T_D+2e+T_d+T_{D_0}+2\Delta$
		$H_3$	$2e+T_d+T_{D_0}+2\Delta$
		$H_4$	$T_d+T_{D_0}+2\Delta$
4		$h_1$	$2\Delta+T_{D_0}+T_d$
		$h_2$	$(2\Delta+T_{D_0}+T_d)\left(\frac{2l_1+l}{l}\right)$



Таблица 2.2

Погрешность закрепления при установке заготовки  
в трехкулачковом самоцентрирующем патроне  $\varepsilon_3$ , мкм

Характер базовой поверхности	Направление смещения заготовки	Диаметр базы, мм								
		От 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 260	Св. 260 до 360
Отливка	Радиальное	220	270	320	370	420	500	600	700	800
	Осевое	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Горячая штамповка	Радиальное	220	270	320	370	420	500	600	700	800
	Осевое	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Прокат	Радиальное	220	270	320	370	420	500	600	—	—
	Осевое	70	80	90	100	110	120	130	—	—
Предварительно обработанная	Радиальное	50	60	70	80	100	120	140	160	180
	Осевое	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Чисто обработанная	Радиальное	25	30	35	40	50	60	70	80	90
	Осевое	30	40	50	60	70	80	90	100	110

Таблица 2.3

Погрешность закрепления при установке на опорные пластины в приспособлении с винтовым зажимом,  $\varepsilon_3$  мкм

Характер базовой поверхности	Диаметр базы, мм									
	От 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 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500
Отливка	—	100	110	120	135	150	175	200	240	280
Горячая штамповка	—	100	110	120	135	150	175	200	240	—
Прокат	90	100	110	120	135	150	175	—	—	—
Черновая обработка	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Чистовая обработка	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Шлифование	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

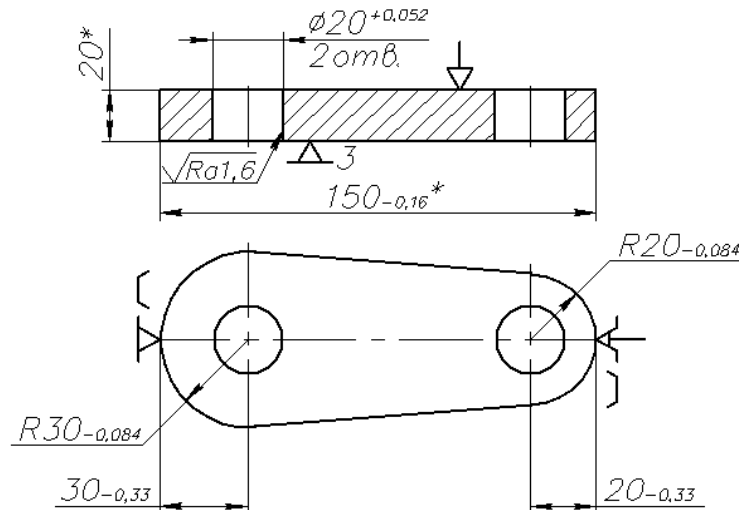
Таблица 2.4

Погрешности глубины центрального гнезда (посадка центра станка)  $\Delta_{ц}$ , мм  
[21]

Диаметр шейки заготовки	Св. 6 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12 до 20	Св. 20 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180
Диаметр центра отверстия	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8
Наибольший диаметр конуса центрального гнезда	4	6,5	8	10	12	15	20	25	30
Посадка центра $\Delta_{ц}$	0,14		0,18		0,21		0,25		

## Задача 2.1

На вертикально-сверлильном станке с использованием кондукторного приспособления в заготовке сверлятся два отверстия  $\varnothing 20^{+0,052}$  (рис. 2.1). Вычислить погрешность установки при выполнении размеров  $30_{-0,33}$  и  $20_{-0,33}$  мм.



\* Размеры для справок

Рис. 2.1

### Решение

Согласно операционному эскизу заготовка устанавливается на плоскость и ориентируется по контуру. Предполагается, что все базовые поверхности заготовки предварительно профрезерованы за черновые и чистовые переходы и получен 10-й квалитет точности при шероховатости поверхности  $Ra = 3,2$  мкм.

Погрешность установки при выполнении размера  $30_{-0,33}$  мм.

Погрешность базирования рассчитывается по схеме 2 табл. 2.1 как погрешность размера  $H_2$ :  $\varepsilon_6 = 0,5TD \cdot (1/\sin \alpha + 1)$ . Так как допуск базовой поверхности задан на радиус, то  $\varepsilon_6 = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,084 \cdot (1/\sin 45^\circ + 1) = 0,203$  мм.

Погрешность закрепления устанавливается по табл. 2.3. (Чисто обработанная поверхность, размер заготовки 18–30 мм)  $\varepsilon_3 = 0,05$  мм.

Погрешность установки:  $\varepsilon_y = \sqrt{0,203^2 + 0,05^2} = 0,209$  мм.

Погрешность установки при выполнении размера  $20_{-0,33}$ .

В этом случае центр обрабатываемого отверстия относительно установочной базы переместится так же, как и для предыдущего размера, но измерение ведется от другой измерительной базы, которая может перемещаться в пространстве на величину допуска размера  $150_{-0,16}$ .

Поэтому погрешность базирования является суммой двух случайных независимых величин и равна:  $\varepsilon_6 = \sqrt{0,203^2 + 0,16^2} = 0,258$  мм.

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon_3 = 90$  мкм - для размера заготовки в интервале 120–180 мм (табл. 2.3).

Погрешность установки:  $\varepsilon_y = \sqrt{0,258^2 + 0,09^2} = 0,273$  мм. Вариант возможного конструктивного решения установки показан на рис. 2.2.

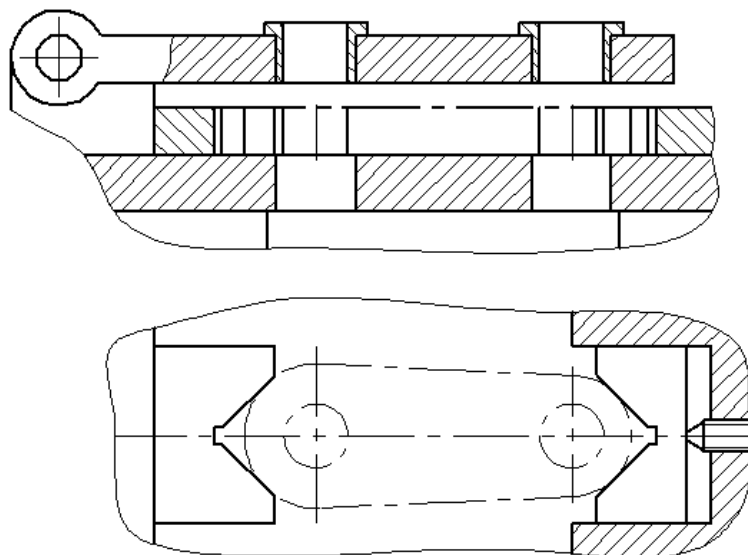


Рис. 2.2

Заготовка кладется на плоские опорные пластины (плиту), ориентируется по контуру с помощью призмы, поджимается и крепится с помощью подвижной призмы. Рабочие поверхности призмы имеют скос примерно  $15^\circ$ , который поджимает заготовку к пластинам. Кондукторные втулки закреплены в откидывающейся кондукторной плите.

### Задача 2.2

Вычислить погрешности установки при выполнении размеров  $\varnothing 30_{-0,052}$  и  $l = 60^{+0,19}$  (рис. 2.3).

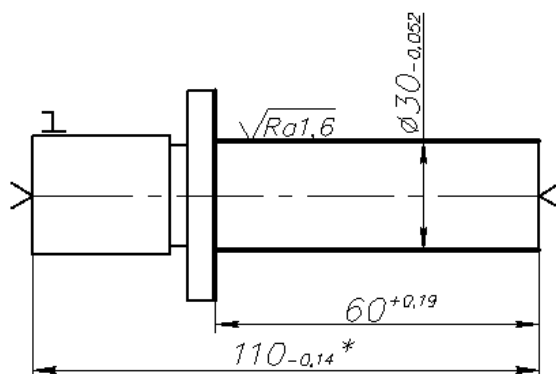


Рис. 2.3

### Задача 2.3

Вычислить погрешность установки при выполнении размеров: 4, 25, 35 мм. Станок: 1Н713. Неуказанные предельные отклонения h14 и H14 (рис. 2.4).

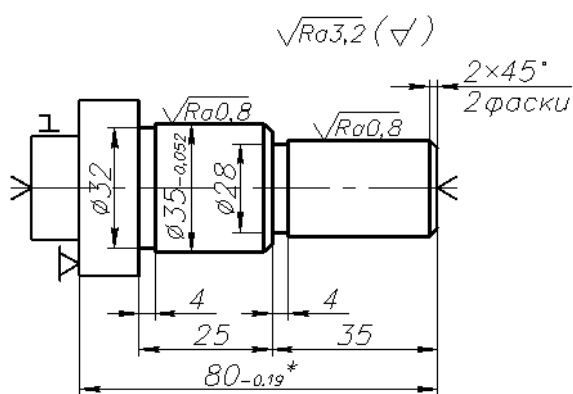
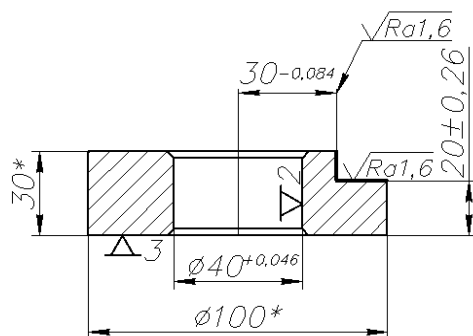


Рис. 2.4

### Задача 2.4

Выбрать размер установочного пальца и вычислить погрешность установки. Станок: 6Р80 (рис. 2.5).

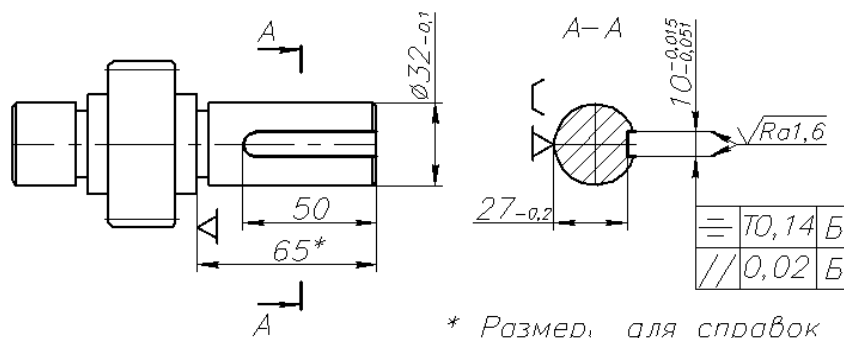


\* Размер для справок

Рис. 2.5

### Задача 2.5

Вычислить погрешность базирования при выполнении размеров:  $27_{-0,2}$ ;  $10_{-0,051}^{+0,015}$  и т. т. Неуказанные предельные отклонения h14, H14 (рис. 2.6).



\* Размер для справок

Рис. 2.6

### Задача 2.6

Вычислить погрешность установки при выполнении размеров:  $\varnothing 30_{-0,084}$ ;  $l = 20$ ;  $35^{+0,25}$ ; 48. Станок: 1Д316. Неуказанные предельные отклонения h14, H14 (рис. 2.7).

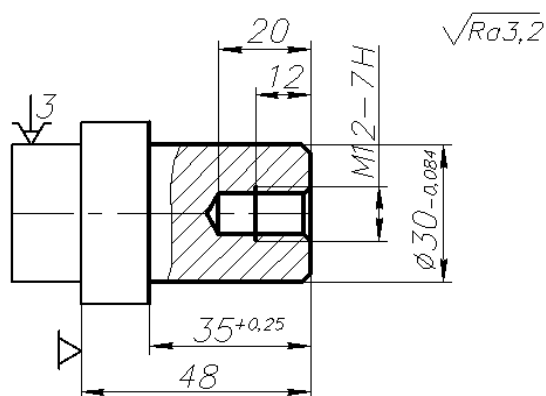
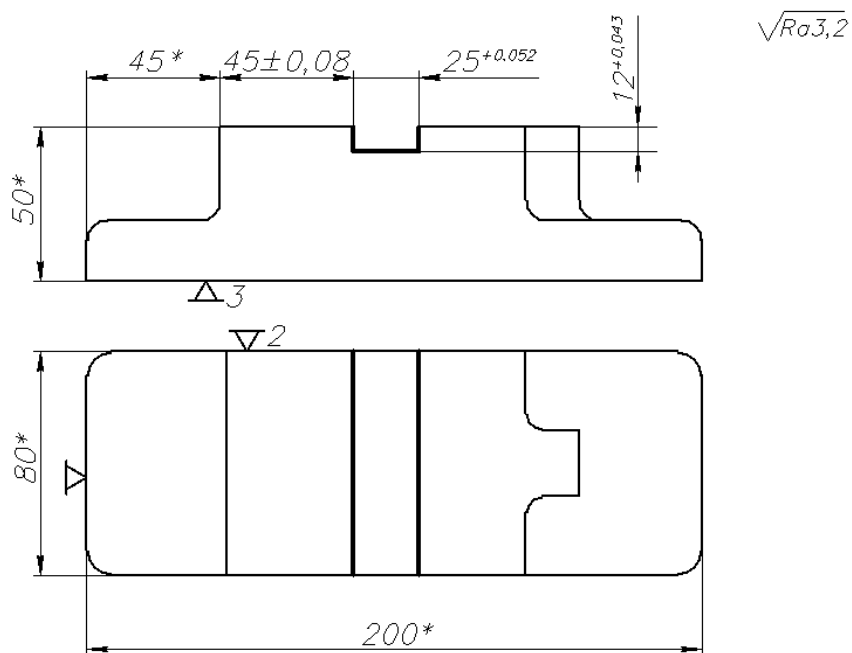


Рис. 2.7

### Задача 2.7

Станок: 6Р83, фреза по ГОСТ 3964–69. Неуказанные предельные отклонения h14 (рис. 2.8). Вычислить погрешность базирования.

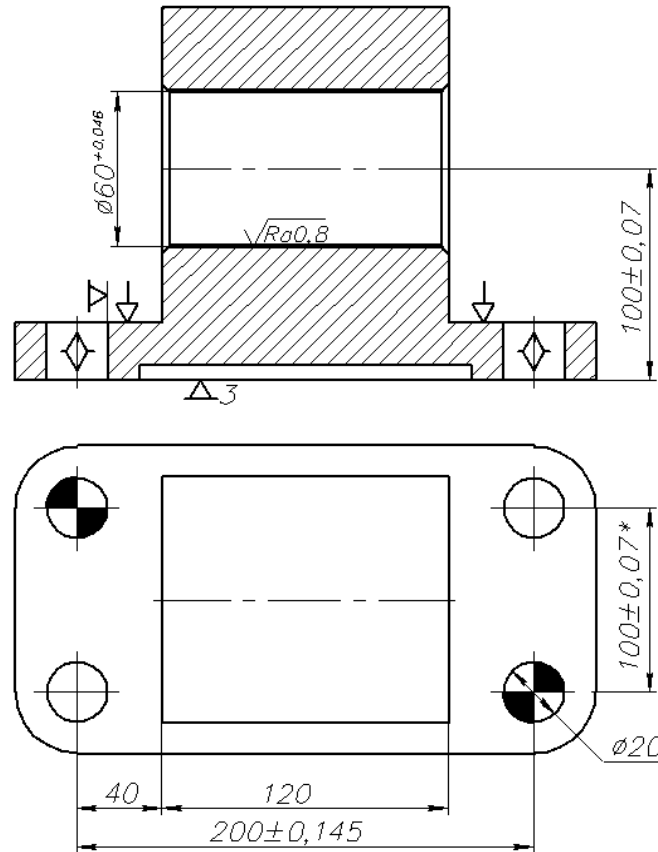


\* Размеры для справок

Рис. 2.8

## Задача 2.8

Станок: 2М615. Неуказанные предельные отклонения  $h14$ ,  $H14$ ,  $\pm IT14/2$ . Выбрать форму и размеры установочного пальца (рис. 2.9) и вычислить погрешность базирования.



\* Размер для справок

Рис. 2.9

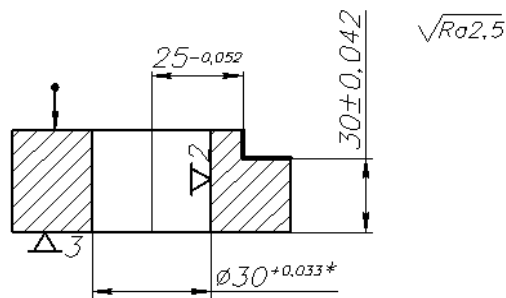
## Задача 2.9

На вертикально-фрезерном станке обрабатывают ступенчатую поверхность втулки, установленной на цилиндрический палец (рис. 2.10). Диаметр установочного пальца  $d = 30_{-0,041}^{-0,020}$ .

Вычислить погрешность установки при выполнении размеров  $30 \pm 0,042$  и  $25_{-0,052}$ .

Определить ожидаемую точность выполнения этих размеров, если точность метода обработки  $\omega = 120$  мкм.

Материал заготовки СЧ12. Выбрать марку станка и подобрать режущий инструмент.



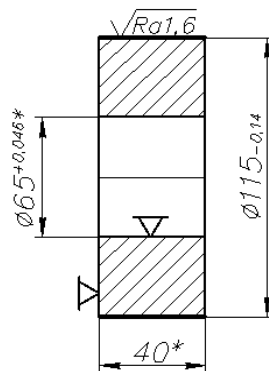
\* Размеры для справок

Рис. 2.10

### Задача 2.10

Обработка наружной цилиндрической поверхности втулки  $\varnothing 115_{-0,14}$  (рис. 2.11) производится при установке заготовки с зазором на жесткой оправке, закрепленной в шпинделе станка. Цилиндрическая рабочая поверхность оправки имеет диаметр  $65_{-0,06}^{-0,03}$  и имеет радиальное биение, относительно ее конического хвостовика, вставляемого в конус шпинделя станка - 0,020 мм; биение шпинделя станка составляет 0,01 мм. Точность метода обработки (поле рассеяния случайных погрешностей) составляет  $\omega = 0,05$  мм.

Определить ожидаемую точность выполнения цилиндрической поверхности втулки и ее возможное отклонение от соосности относительно базового отверстия. Разработать вариант конструктивного решения установки и крепления заготовки.



\* Размер для справок

Рис. 2.11

### Задача 2.11

Паз  $20^{+0,084}$  мм в теле заготовки шатуна фрезеруется концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке (рис. 2.12).

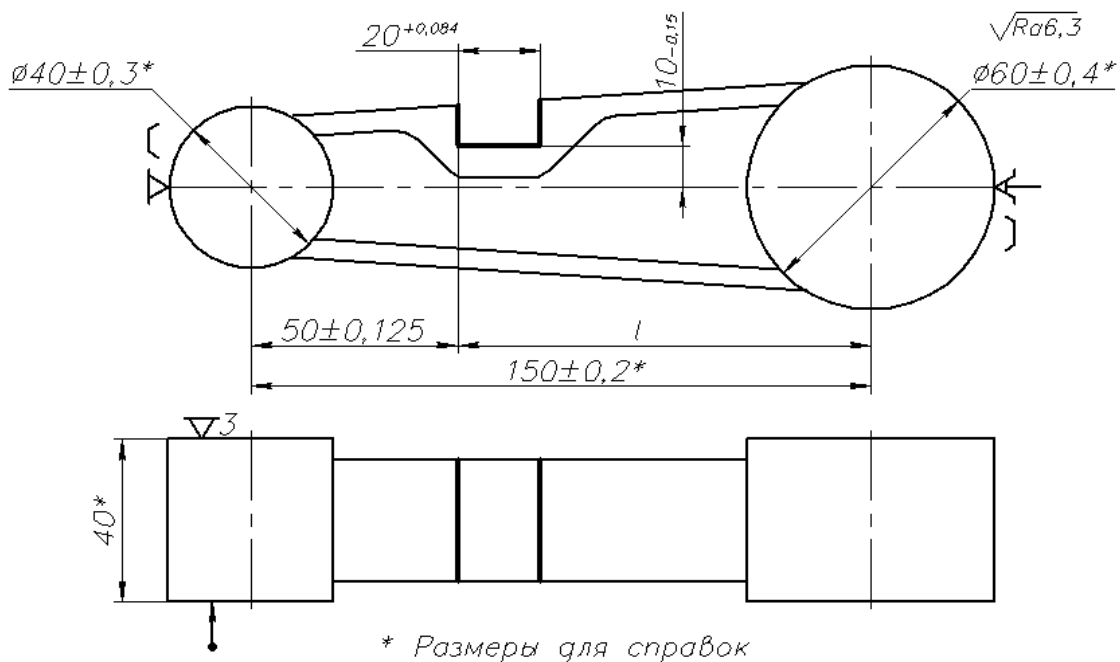


Рис. 2.12

Разработать конструктивную схему установки заготовки и вычислить погрешность установки.

Вычислить погрешность выполнения размера  $l$ .

### Задача 2.12

На горизонтально-фрезерном станке (рис. 2.13) набором фрез одновременно обрабатываются два уступа заготовки. Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования при выполнении размеров  $A_1; A_2; A_3; A_4; A_5$  и  $A_6$ . Указать размеры, на точность выполнения которых влияет постоянство зажимной силы  $Q$ . Размеры  $A_7$  и  $A_8$  выполнены соответственно с отклонениями  $\pm TA_1/2$  и  $\pm TA_8/2$ .

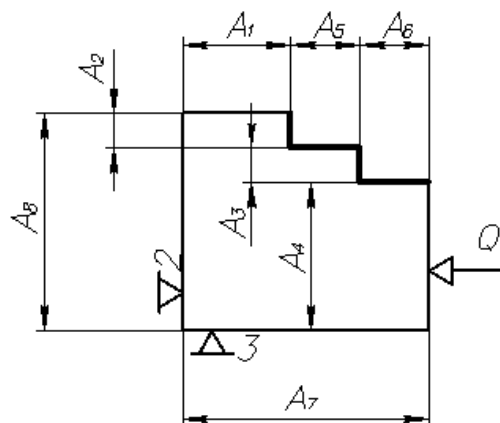
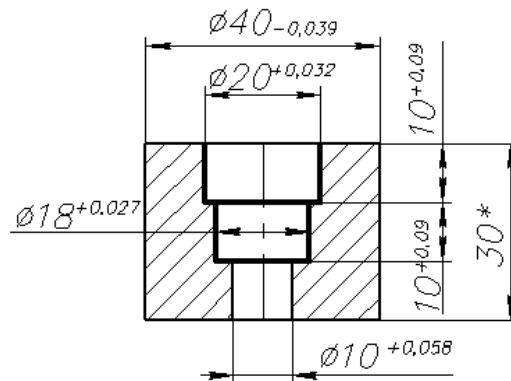


Рис. 2.13



### Задача 2.13

На вертикально-сверлильном станке комбинированным зенкером обрабатывается система отверстий  $\varnothing 20$  и  $\varnothing 18$  (рис. 2.14). Определить погрешность установки при использовании в качестве базы поверхностей  $\varnothing 40_{-0,039}$  и торцевой плоскости или поверхности  $\varnothing 10^{+0,058}$  и плоскости торца. Для каждого случая разработать теоретическую схему базирования и оформить операционный эскиз.



\* Размер для справок

Рис. 2.14

Считать, что биение поверхности  $\varnothing 10^{+0,058}$  относительно поверхности  $\varnothing 40_{-0,039}$  в пределах 60 мкм.

### Задача 2.14

На вертикально-сверлильном станке с ЧПУ производится зенкерование отверстия и подрезка торца, выдерживая размеры:  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ ,  $h_4$  и  $D$ . Для двух планов обработки (комбинированным зенкером и зенкером и фрезой) вывести погрешности обработки указанных размеров, считая, что случайные погрешности обработки дают поле рассеяния  $\omega$  и размер  $h_4$  выполнен с допуском  $\pm Th_4/2$  (рис. 2.15).

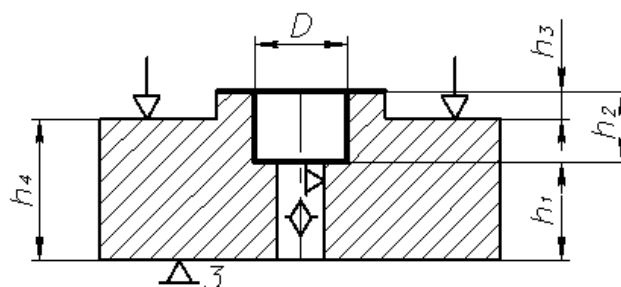
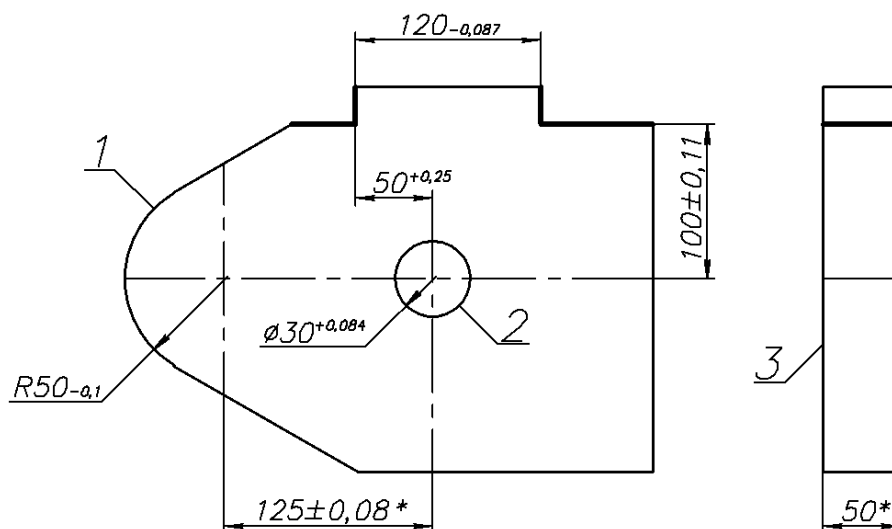


Рис. 2.15

## Задача 2.15

На горизонтально-фрезерном станке набором фрез обрабатывается система поверхностей заготовки на размеры:  $\varnothing 120_{-0,087}$  и  $100 \pm 0,11$  (рис. 2.16). Предлагаются два варианта установки заготовки: с использованием неподвижной призмы и срезанного пальца, цилиндрического пальца и подвижной призмы. (Базирование по поверхности 1, 2, 3).



\* Размеры для справок

Рис. 2.16

Требуется установить, какая схема установки обеспечит выполнение заданной точности размеров:  $50^{+0,25}$  и  $100 \pm 0,11$ ;  $\varnothing 120_{-0,087}$ . Установочные пальцы имеют рабочие диаметры  $\varnothing 30_{-0,041}^{-0,020}$ . Средняя экономическая точность обработки  $\omega = 0,05$  мм. Погрешностями закрепления и приспособления пренебречь  $\varepsilon_s = \varepsilon_n = 0$ .

## Задача 2.16

Проанализировать две возможные схемы установки шатуна в кондукторное приспособление (рис. 2.17). Кондукторная плита имеет жесткую связь с корпусом приспособления. Требуется при точности изготовления базовых поверхностей заготовки  $d = 70_{-0,03}$  мм,  $D = 30^{+0,033}$  мм,  $L = 200 \pm 0,05$  мм.

Определить погрешность базирования при выполнении размеров:  $A_1$ ;  $A_2$ ;  $A_3$ ;  $A_4$  и возможное отклонение от соосности обрабатываемых отверстий относительно плоскости симметрии базовых поверхностей  $l_1$  и  $l_2$ . Выбрать, какая из приведенных схем базирования обеспечивает

наибольшую точность выполнения указанных размеров. Принять рабочий диаметр установочного пальца  $\varnothing 30_{-0,016}^{-0,007}$  мм.

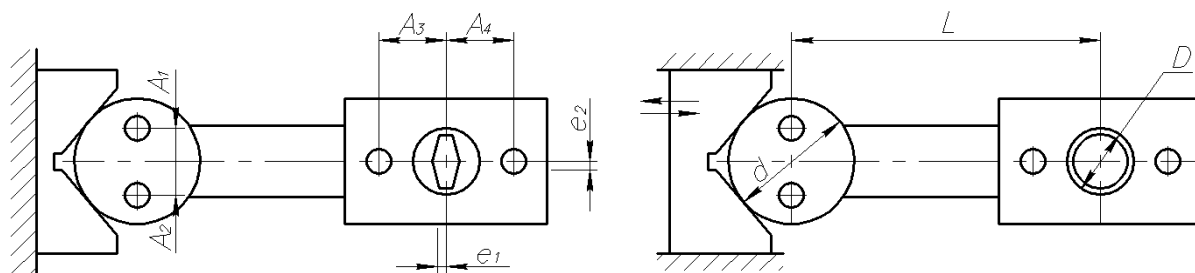


Рис.2.17

### Задача 2.17

При установке заготовки на плоскость и два отверстия, перпендикулярных к плоскости, производят обработку поверхностей с выдерживанием размеров:  $A_1$ ;  $A_2$ ;  $A_3$ ;  $A_4$  и  $A_5$  (рис. 2.18).

Определить погрешность базирования, если известно, что базовые отверстия заготовок  $D_1$  и  $D_2$  выполнены с допусками  $T_{D_1} = T_{D_2} = 0,013$  мм. Установочные пальцы выполнены с допуском  $T_{d_1} = T_{d_2} = 0,009$  мм, а минимальный зазор боковых отверстий с установочными пальцами  $S = 0,007$  мм. Размеры между базовыми отверстиями выполнены с отклонениями  $\pm 0,05$  мм.

Определить, возможна ли обработка поверхностей 1 и 2 одновременно набором фрез, если заданная точность размеров  $A_1$  и  $A_5$  равна 0,15 мм, а средняя экономическая точность принятого метода обработки  $\omega = 0,1$  мм.

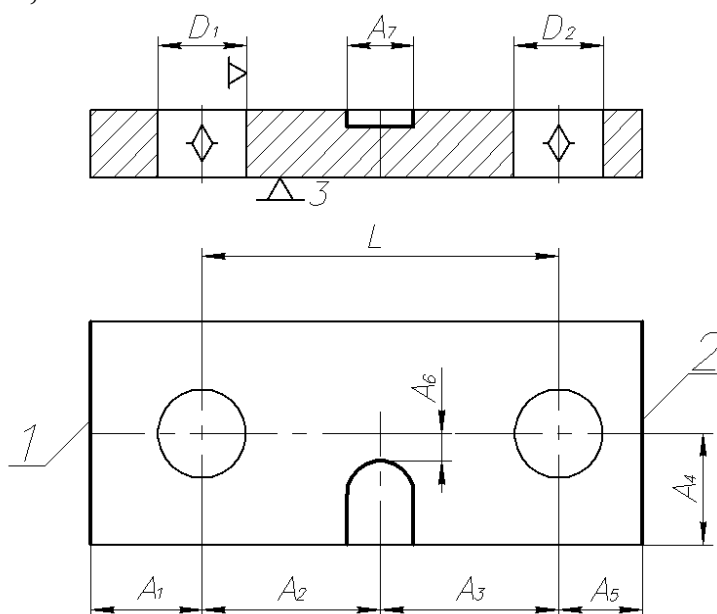


Рис. 2.18

## Задача 2.18

На горизонтально-протяжном станке обрабатывается шпоночный паз (рис. 2.19). Вывести расчетные зависимости и определить погрешность базирования при выполнении размеров  $A$  и  $B$ . А также определить возможность отклонения от перпендикулярности оси шпоночного паза относительно отверстий  $D_1$  и  $D_2$ , если известно, что диаметры базовых отверстий выполнены с допусками  $T_{D_1} = T_{D_2} = 0,025$  мм, а установочные пальцы с допусками  $T_{d_1} = T_{d_2} = 0,011$  мм.

Минимальный зазор в сопряжении базовых отверстий рычага с установочными пальцами приспособления  $s_{\min} = 0,009$  мм.

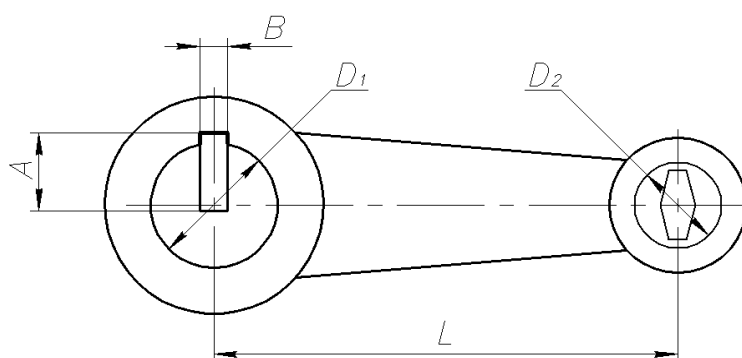
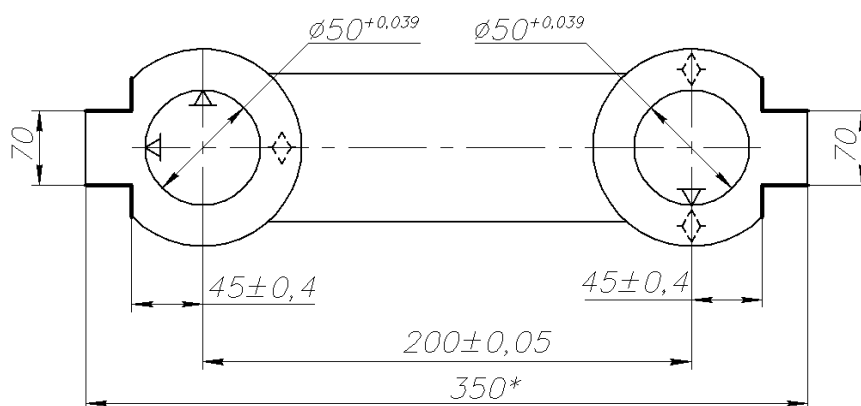


Рис. 2.19

## Задача 2.19

На горизонтально-фрезерном станке за два установка производят обработку площадок на головках шатуна, установленного по плоскости и двум отверстиям, перпендикулярным к плоскости с использованием цилиндрического и срезанного пальцев (рис. 2.20). Базовые установочные отверстия имеют размер  $\varnothing 50^{+0,039}$  мм. Установочные пальцы имеют рабочие поверхности  $\varnothing 50_{-0,050}^{-0,025}$  мм.



\* Размер для справок

Рис. 2.20

Определить точность выполнения размера 70 головки шатуна и возможность обработки поверхности набором фрез при заданной точности выполнения размера  $45 \pm 0,4$  мм.

Точность метода обработки принять  $\omega = 0,050$  мм.

### Задача 2.20

У цилиндрических втулок с наружным диаметром  $d = 80_{-0,2}$  мм и внутренним  $D = 40^{+0,05}$  мм требуется фрезеровать шпоночный паз шириной  $B = 18^{+0,1}$  мм, выдерживая размер  $H = 70_{-0,02}$  и  $h = 90^{+0,3}$  мм (рис. 2.21). Смещение оси шпоночного паза  $e$  относительно диаметральной плоскости втулки не должно превышать 0,1 мм.

Для проектирования приспособления выбрать одну из шести показанных схем установки, для которой расчетная погрешность базирования при выполнении размеров  $B$ ,  $H$  и  $h$  и отклонение от соосности минимально.

Максимальный зазор при установке заготовки на палец или во втулку  $S_{max} = 0,01$  мм. Допуск на изготовление установочного пальца и центрирующей втулки равен 0,02 мм.

Оценить возможные преимущества каждого метода базирования с точки зрения простоты и надежности установки. Для всех шести способов показать теоретические схемы базирования.

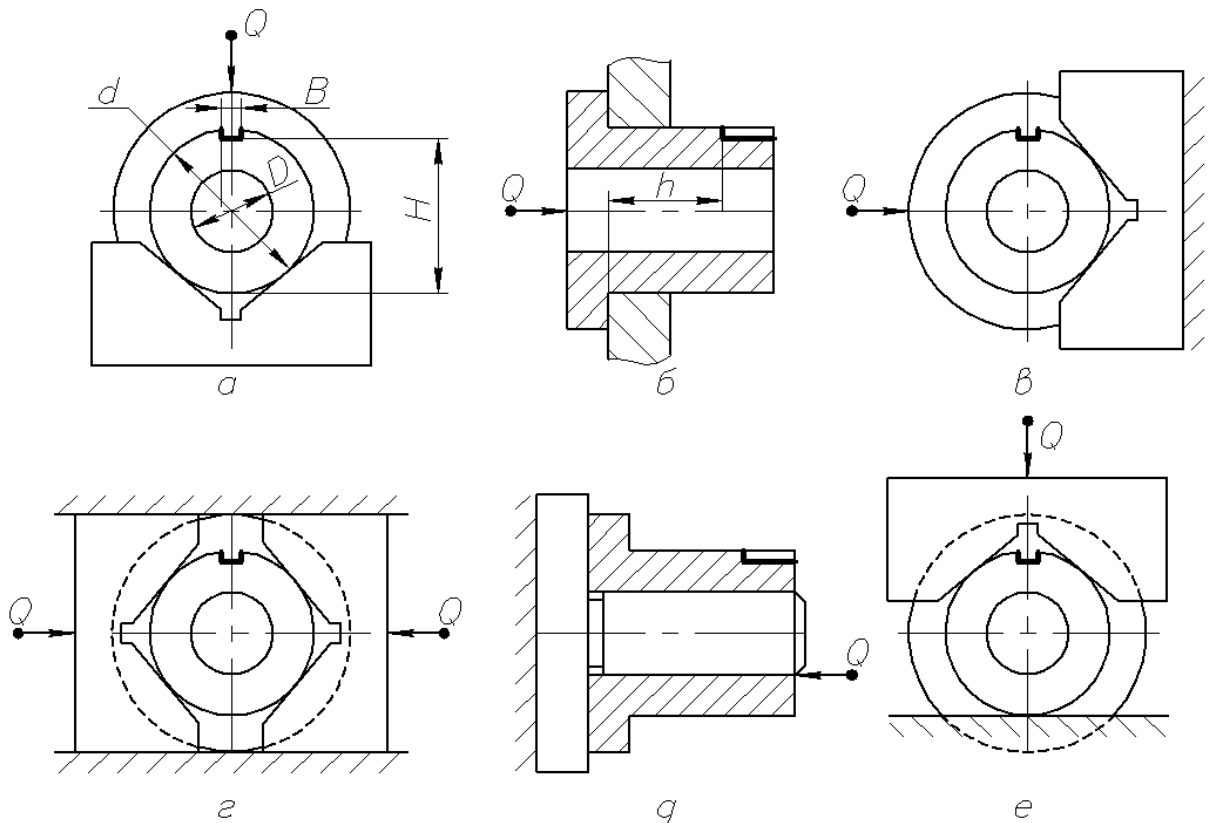


Рис. 2.21

### Глава III

## РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ

В задачах настоящей главы рассматриваются расчеты, прогнозирующие вероятные погрешности обработки, возникающие от упругих перемещений элементов технологической системы, размерного износа инструмента и тепловых деформаций инструмента и заготовки.

В задачах требуется для механической обработки указанных поверхностей заготовки назначить режим резания с учетом сил, возникающих в процессе механической обработки, рассчитать погрешности от упругих перемещений узлов станка (совместно с используемым приспособлением), инструмента и заготовки, размерного износа режущего инструмента и возможных тепловых деформаций элементов системы.

При решении приведенных ниже задач вводится ряд условных ограничений.

1. При расчете упругих деформаций узлов и деталей станка используются нормы точности и жесткости металлорежущих станков под нагрузкой (табл. 3.1). В этих нормах указываются суммарные перемещения передней или задней бабки токарных станков и суппорта, шпиндельной бабки и стола для фрезерных и сверлильных станков.

Деформация заготовки рассчитывается только при обточке валов. При этом расчеты производятся с использованием приведенного диаметра

вала:  $d = \sqrt{\frac{d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 + d_4^2 l_4}{1}}$  (рис. 3.1, а),  $d = \frac{d_1 l_1 + d_2 l_2 + d_3 l_3 + d_4 l_4}{1}$   
(рис. 3.1, б).

Изменение диаметра вала от его прогиба под действием радиальной составляющей силы резания  $P_y$  рассчитывается по формуле

$$y_{\varphi} = \varphi_0 \cdot x + \frac{1}{EI_z} \left( \frac{1}{2} M_{п.б} \cdot x^2 + \frac{1}{6} R_{п.б} \cdot x^3 + \frac{1}{6} P_y \cdot \xi_p^3 \right),$$

где  $\varphi_0$  – угол поворота сечения вала в начале координат (за начало координат принимается крайняя левая точка пересечения торца вала с его осью);  $E$  – модуль упругости первого рода;

$J_z$  – осевой момент инерции расчетного сечения вала:  $J_z = 0,05d^4$ ;

$d$  – приведенный диаметр шейки вала, мм;

$D$  – наружный диаметр шейки вала;

$M_{п.б}$  – реактивный момент на передней бабке станка;

$R_{п.б}$  – реакция сил резания на передней бабке станка;

$\xi_p$  – расстояние от точки приложения радиальной составляющей силы резания до расчетного сечения (учитываются силы резания, расположенные левее расчетного сечения вала).

Таблица 3.1

**Нормы точности и жесткости металлорежущих станков  
нормальной точности под нагрузкой [21]**

Токарно-винторезные (ГОСТ 18097–88)				
Параметр	Наибольший диаметр обрабатываемой поверхности			
	125	200	320	400
Наибольшее смещение (мкм) резцедержателя и оправки, установленных:				
в шпинделе	50	100	160	200
в пиноли задней бабки	70	130	200	270
Сила, Н	980	1960	3920	5488
Вертикально-сверлильные (ГОСТ 370–81Е)				
Параметр	Наибольший диаметр сверления, мм			
	от 10 до 12	св. 12 до 20	св. 20 до 25	св. 25 до 40
Отклонения от перпендикулярности оси шпинделя к поверхности стола в вертикальной плоскости (мкм)	150	200	250	300
Расстояние от оси шпинделя до точки измерения перемещения, мм.	75	100	125	150
Сила, Н	2450	4410	7350	12250
Фрезерные вертикальные с крестовым столом (ГОСТ 9726–89Е)				
Параметр	Ширина стола, мм			
	250	320	400	500
Наибольшие перемещения (мкм) стола относительно оправки, закрепленной в шпинделе:				
в горизонтальном направлении	280	320	360	400
в вертикальном направлении	320	360	400	450
Сила, Н	5000	8000	12500	20000
Токарные многорезцовые (ГОСТ 18097–88Е)				
Параметр	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм			
	200	250	320	400
Наибольшее смещение продольного суппорта относительно оправки				
закрепленной в шпинделе, мкм	220	320	450	630
в пиноли задней бабки, мкм	300	450	670	1000
Наибольшее смещении поперечного суппорта относительно оправки, закрепленной в шпинделе, мкм	450	670	1000	1500
Сила, Н	10000	16000	26000	40000

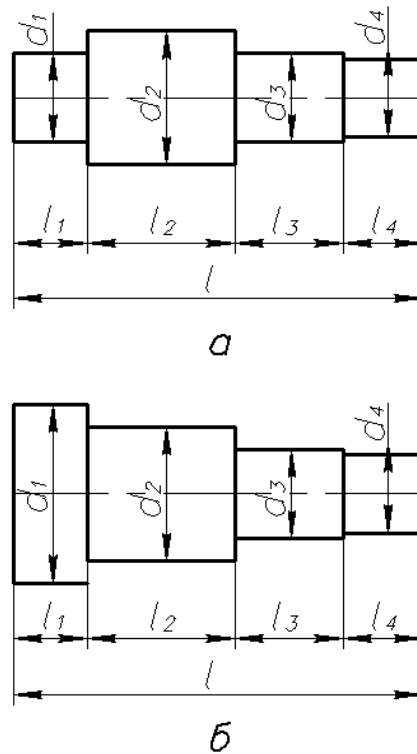


Рис. 3.1

2. Размерный износ инструмента учитывается только в тех случаях, когда обрабатывается большая поверхность заготовки (или партии заготовок) без подналадки станка. Расчет ведется по упрощенной методике [28]:

для резцов, сверл, зенкеров и разверток

$$\Delta u = \left( \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot m}{10^6 \cdot S} + 1 \right);$$

для торцовых фрез

$$\Delta u = \left( 1 + \frac{100}{b} \right) \frac{l \cdot b \cdot m}{10^6 \cdot S_z \cdot z} \cdot u_0;$$

для цилиндрических фрез

$$\Delta u = \left( 1 + \frac{100}{b} \right) \frac{\pi \cdot d_\phi \cdot l \cdot m}{10^6 \cdot S_z \cdot z} \cdot u_0;$$

где  $d$  – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

$d_\phi$  – диаметр фрезы, мм;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$m$  – число заготовок в партии, обрабатываемых без подналадки;

$S$  – подача при сверлении, зенкерования, развертывании, мм/об;

$S_z$  – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

$z$  – число зубьев;

$b$  – ширина фрезерования, мм;



$u_0$  – относительный износ, мкм/км.

3. Температурная деформация рассчитывается только для резцов при условии непрерывной обработки поверхности или обработки с кратковременными перерывами [7, 21].

Тепловая деформация резца подсчитывается по формуле:

$$\Delta_{p,t} = 0,45 \cdot l_p / F \cdot \sigma_b (t \cdot S)^{0,75} \cdot V^{0,5} \cdot K_T (l - l^{-\tau/4}), \text{ мкм}$$

где  $l_p$  – вылет резца, мм;

$F$  – площадь поперечного сечения резца, мм<sup>2</sup>;

$\sigma_b$  – предел прочности материала заготовки, МПа;

$t$  – глубина резания, мм;  $S$  — подача, мм/об;

$V$  – скорость, м/мин;

$K_T$  – отношение основного времени к штучному;

$\tau$  – время непрерывной обработки партии заготовок, мин.

Относительный износ инструмента приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

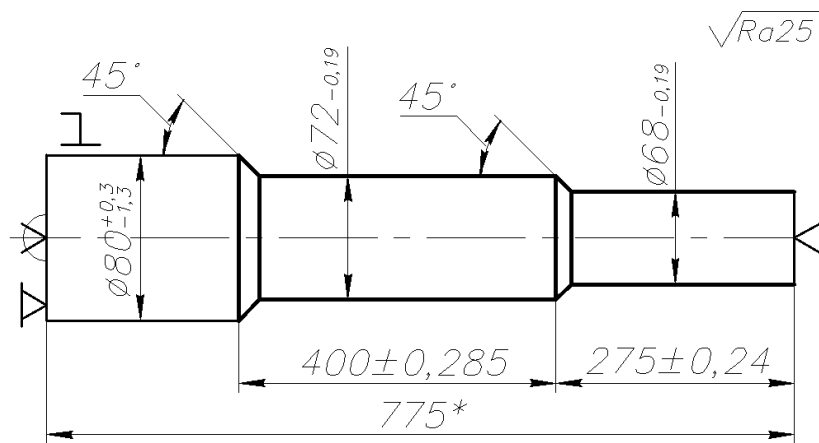
Относительный износ инструмента по мкм/км [21, 28]

Инструментальный материал	Сталь углеродистая	Сталь легированная	Чугун
T30K4	3–4	4–6	–
T15K6	5–7	9–10	–
T5K10	8	12–13	–
BK8	–	17–25	13–14
BK6	–	–	14

### Задача 3.1

На токарно-винторезном станке 16K20 обрабатывается заготовка (рис. 3.2) вала из стали 45 ( $\sigma_b = 550$  МПа), резцом с пластиной твердого сплава T5K10, имеющей геометрию заточки: ( $\varphi = 45^\circ$ ,  $\lambda = 5^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ). Сечение державки резца 16×25, вылет 37 мм. Заготовка – прокат. Объем производства 2 шт.

Назначить оптимальный режим резания и вычислить погрешности от упругих перемещений элементов технологической системы, размерного износа резца и его тепловой деформации. Режим резания назначается по методике, изложенной в справочнике [22].



\* Размер для справок

Рис. 3.2

### Решение

Первый технологический переход (обточка шейки  $\varnothing 68_{-0,19}$ ). Глубина резания выбирается так, чтобы максимальный припуск снять за один рабочий ход.  $t = 0,5(d_{\text{max}} - d_{\text{min}}) = (80,3 - 67,81) \cdot 0,5 = 6,24$  мм. Принято значение  $t = 6,3$  мм. Подача назначается использованием таблицы ([22], с. 266, табл. 11),  $S = 0,5$  мм/об.

Скорость резания вычисляется по формуле  $V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m t^x S^y}$  ([22], с. 265).

Поправочный коэффициент  $K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{\phi 1V}$ , ([22], с. 268).

где  $K_{mV}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки, [22, табл. 1–4, с. 261–263];

$K_{nV}$  – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки, [22, табл. 5, с. 263];

$K_{uV}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента, [22, табл. 6, с. 263];

$$K_{mV} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \text{ [22, табл. 1, с. 261]}$$

где  $K_\Gamma$  – коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, [22, табл. 2, с. 262];

$n$  – показатель степени, [22, табл. 2, с. 262].

Принимаем:  $K_\Gamma = 1,0$ ;  $n = 1,0$ ;

$$K_{mV} = 1,0 \left( \frac{750}{550} \right)^{1,0} = 1,364.$$

Принимаем:  $K_{nV} = 0,9$ ;  $K_{uV} = 0,65$

Тогда  $K_V = 1,364 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,8$ .

Принимаем период стойкости резца:

$T=30$  мин [22, с. 268].

$C_V=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$ ;  $m=0,2$  [22, табл. 17, с. 269].

$$V = \frac{350 \cdot 0,8}{30^{0,2} \cdot 6,3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 137,4 \text{ м/мин};$$

Расчетная частота вращения шпинделя:

$$n_{\text{расч}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 137,4}{3,14 \cdot 80,3} = 544,9 \text{ мин}^{-1};$$

Принимаем ближайшее меньшее паспортное значение:

$$n_{\text{пасп}} = 500 \text{ мин}^{-1}.$$

Тогда фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пасп}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80,3 \cdot 500}{1000} \approx 126 \text{ м/мин}.$$

Проверка по мощности привода станка:

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

Тангенциальная составляющая силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $K_p$  – поправочный коэффициент на силу резания

$$K_p = K_{m_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p},$$

где  $K_{m_p}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости [22, табл. 9,10, с. 264–265];

$K_{\varphi_p}$  – коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане –  $\varphi$  на составляющие силы резания [22, табл. 23, с. 275];

$K_{\gamma_p}$  – коэффициент, учитывающий влияние переднего угла  $\gamma$  на составляющие силы резания [22, табл. 23, с. 275];

$K_{\lambda_p}$  – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главного лезвия  $\lambda$  на составляющие силы резания [22, табл. 23, с. 275];

$K_{r_p}$  – коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине резца  $r$  на составляющие силы резания [22, табл. 23, с. 275].

$$K_{m_p} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,73^{0,75} = 0,79.$$

Принимаем:  $K_{\varphi_p} = 1,0$ ;  $K_{\gamma_p} = 1,0$ ;  $K_{\lambda_p} = 1,0$ ;  $K_{r_p} = 1,0$ , тогда

$$K_p = 0,79 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,79.$$

Принимаем:  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$  [22, табл. 22, с. 273].

$$N = 10 \cdot 300 \cdot 6,3 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 0,75 \cdot 126 / 1020 \cdot 60 \cdot 126^{0,15} = 8,769 \text{ кВт}.$$

По паспорту: мощность электропривода главного движения  $N_{ст} = 10$  кВт; при КПД станка  $\eta = 0,75$ , т. е. мощность на шпинделе  $N_{шп} = 10 \cdot 0,75 = 7,5$  кВт.

Рассчитанный режим на станке не осуществим.

Вводится коррекция скорости резания

$$V^{1+n} = 1020 \cdot 60 \cdot N_{пр} \cdot \eta / 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p;$$

$V = (1020 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 0,75 / 10 \cdot 300 \cdot 6,3 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 0,79)^{0,85} = 104,8$  м/мин, т. е.  $n = 416,9$  мин<sup>-1</sup>; принимается по паспорту станка  $n = 400$  мин<sup>-1</sup>. Скорость резания:  $V = \pi \cdot 80 \cdot 400 / 1000 = 100,5$  м/мин.

Аналогично устанавливается режим резания для второго перехода (обточка шейки  $\varnothing 72_{-0,19}$ ):  $t = 4,3$  мм;  $S = 0,5$  мм/об;  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>;  $V = 126$  м/мин.

Расчет погрешностей от упругих перемещений элементов системы СПИД

Установленная на станок заготовка рассматривается как балка, лежащая на двух шарнирных опорах и нагруженная сосредоточенной поперечной силой (равной радиальной составляющей силы резания  $P_y$ ), приложенной последовательно в трех точках (рис. 3.3). (На рис. 3.3 сила показана приложенной в точке 2).

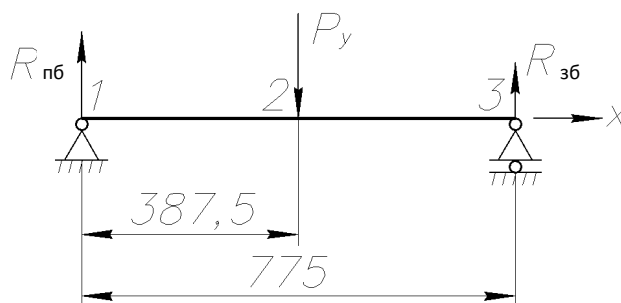


Рис. 3.3

Величина поперечной силы  $P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$ , ([22], с. 271); имеет различные значения в точках 1–2 и точке 3. Для точки 1–2 глубина резания  $t = 4,3$  мм, для точки 3 –  $t = 6,3$  мм.  $C_p = 243$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,6$ ;  $n = -0,3$  ([22], с. 273, табл. 22). Поправочный коэффициент  $K_p = 0,79$  (по ранее выполненному расчету).

В точках 1-2  $P_y = 10 \cdot 243 \cdot 4,3^{0,9} \cdot 0,5^{0,5} \cdot 0,79 \cdot 126^{-0,3} = 1102,8 \approx 1103$  Н; в точке 3  $P_y = 10 \cdot 243 \cdot 6,3^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 0,79 \cdot 100,5^{-0,2} = 1665$  Н.

Прогиб балки на опоре в точке 1 равен 0, поэтому перемещение упругой системы будет обусловлено податливостью передней бабки и

суппорта. По табл. 3.1 для станка 16K20 податливость в этом сечении  $w = 100/1960$  мкм/Н; перемещение обрабатываемой поверхности  $Y_1 = \frac{100}{1960} \cdot 1103 = 5,6$  мкм, погрешность диаметра  $\Delta_{y_1} = 0,112$  мм.

Величина перемещения обрабатываемой поверхности во 2-й точке рассматривается как сумма прогиба балки и перемещений передней и задней бабки станка под действием реакций опор от приложенной посередине балки силы. Расчет может быть произведен с использованием приемов курса "Сопротивление материалов" [29].

В данном случае расчета прогиба балки от сосредоточенной силы, приложенной посередине балки, можно использовать готовые формулы из книги [8]

$$y = \frac{P_y \cdot l^3}{48EI_z}$$

Учитывая симметричность расположения опор относительно точки приложения силы, можно податливость технологической системы во 2-й точке найти как среднюю арифметическую величину податливости передней и задней бабок станка. Используя табл. 3.1, суммарное перемещение записывается так:

$$y = \frac{P_y \cdot l^3}{48EI_z} + \frac{P_y}{4} (w_{пб} + w_{зб}),$$

где  $E = 2 \cdot 10^5$ , МПа;  $w_{пб} = 100/1960$ ;  $w_{зб} = 130/1569$  мкм/Н.

Приведенный диаметр балки можно рассчитать, исходя из формы заготовки в тот момент, когда вершина резца находится в точке 2 (рис. 3.4), т. е. посередине заготовки.

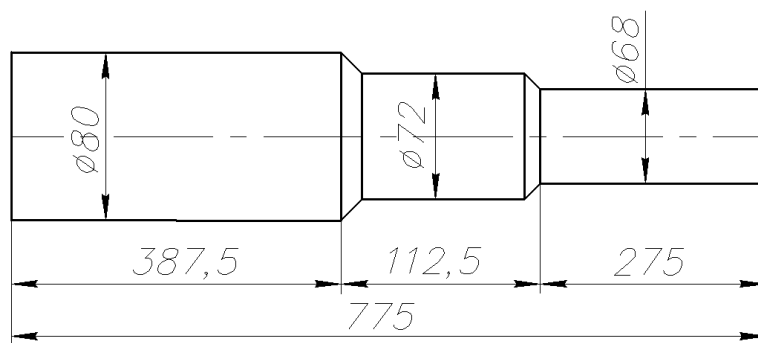


Рис. 3.4

$$d = \frac{80 \cdot 387,5 + 72 \cdot 112,5 + 68 \cdot 275}{775} = 70,19 \approx 70,2 \text{ мм.}$$

Осей момент инерции

$$I_z = 0,05 \cdot 70,2^4 = 121 \cdot 10^4, \text{ мм}^4.$$

Смещение обрабатываемой поверхности

$$y_2 = \frac{1103 \cdot 775^3}{4,8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 121 \cdot 10^4} + \frac{1103}{4} \cdot \left( \frac{0,1}{1960} + \frac{0,13}{1569} \right) = 0,0806 \text{ мм.}$$

Погрешность диаметра вала в точке 2 от упругих перемещений элементов системы СПИД составит:

$$\Delta_{y_2} = 2 \cdot y_2 = 2 \cdot 0,086 = 0,1612 \approx 0,161 \text{ мм.}$$

Погрешность в точке 3 рассчитывается аналогично погрешности в точке 1:

$$y_3 = \frac{130}{1960} \cdot 1665 = 110,4 \text{ мкм, или } y_3 \approx 0,11 \text{ мм.}$$

Погрешность диаметра  $\Delta_{y_3} = 2y_3 = 0,138 \cdot 2 = 0,276 \text{ мм.}$

Размерный износ инструмента  $\Delta_{p.и}$ : для точки 3  $\Delta_{p.и} = 0$ ; для точки 2 при расчете износа необходимо учитывать, что резец прошел два участка  $l_1 = 275 \text{ мм}$  и  $l_2 = 112,5 \text{ мм}$  с разными режимами. Поэтому

$$\Delta_{p.и2} = \left( \frac{\pi \cdot 68 \cdot 275}{10^6 \cdot 0,5} + \frac{\pi \cdot 72 \cdot 112,5}{10^6 \cdot 0,5} \right) \cdot 8 = 1,35 \text{ мкм} = 0,00135 \text{ мм.}$$

Погрешность диаметра от размерного износа определяется как:  $\Delta_{p.и2} = 0,00135 \cdot 2 = 0,0027 \text{ мкм.}$  Погрешность диаметра от размерного износа для точки 3 выполняется аналогично:  $\Delta_{p.и3} = 0,0024 \cdot 2 = 0,0048 \approx 0,005 \text{ мм.}$

Погрешность от тепловой деформации инструмента  $\Delta_{p.т}$ : для точки 3  $\Delta_{p.т} = 0$ ; для точки 2 необходимо учесть нагрев резца на двух участках обработки. Время обточки шейки  $\varnothing 68$   $\tau_1 = \frac{275}{0,5 \cdot 400} = 1,375 \text{ мин.}$

Время обточки шейки  $\varnothing 72$   $\tau_2 = \frac{112,5}{0,5 \cdot 500} = 0,45 \text{ мин.}$

$$\Delta_{p.т2} = 0,45 \cdot \frac{37}{16 \cdot 25} \cdot 550 \cdot [(6,3 \cdot 0,5)^{0,75} \cdot 100,5^{0,5} \cdot (1 - e^{-\frac{1,375}{4}}) + (4,3 \cdot 0,5)^{0,75} \cdot 126^{0,5} (1 - e^{-\frac{0,45}{4}})] = 206 \text{ мкм} = 0,206 \text{ мм.}$$

Погрешность диаметра в точке 2

$$\Delta_{p.т2} = 0,206 \cdot 2 = 0,412 \text{ мм;}$$

Для точки 1 аналогично.

$$\tau_1 = 1,375 \text{ мин.}$$

$$\tau_2 = \frac{400}{0,5 \cdot 500} = 1,6 \text{ мин.}$$

$$\Delta_{p.т1} = 0,45 \cdot \frac{37}{16 \cdot 25} \cdot 550 \cdot [(6,3 \cdot 0,5)^{0,75} \cdot 100,5^{0,5} \cdot (1 - e^{-\frac{1,375}{4}}) + (4,3 \cdot 0,5)^{0,75} \cdot 126^{0,5} (1 - e^{-\frac{1,6}{4}})] = 308 \text{ мкм} = 0,308 \text{ мм.}$$

Погрешность диаметра заготовки в точке 1

$$\Delta_{p.т1} = 0,308 \cdot 2 = 0,616 \text{ мм.}$$

## ВЫВОДЫ

1. Погрешности от упругих перемещений элементов технологической системы не позволяют выдержать заданные размеры, поэтому необходимо ввести переход получистового точения.

2. Погрешности от размерного износа инструмента так незначительны, что ими можно пренебречь.

3. Погрешности от тепловой деформации резца велики, поэтому рекомендуется вести обработку с применением СОЖ (хотя стойкость твердосплавного инструмента позволяет работать без охлаждения).

### Задача 3.2

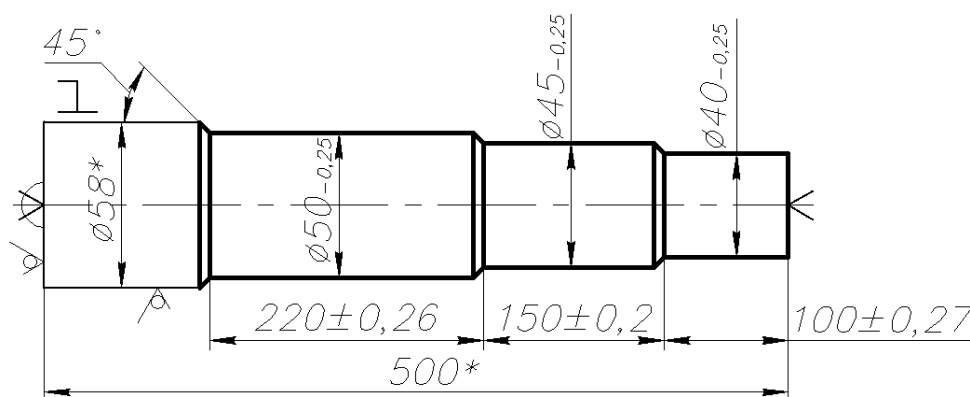
На токарно-многолезцовом станке 1Н713 намечено провести операцию черновой обточки ступенчатого вала. Заготовка: прокат  $\varnothing 58^{+0,4}_{-1,0}$  из стали 45 ( $\sigma_b = 610$  МПа). Обработка ведется многоинструментальной наладкой из резцов, оснащенных пластинками твердого сплава Т5К10, по ГОСТ 18878–73, с геометрией заточки  $\varphi = 45^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\lambda = 5^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ . Сечение державки резца  $16 \times 25$ .

Спроектировать многоинструментальную наладку.

Назначить режим резания.

Подсчитать вероятные погрешности от упругих перемещений элементов технологической системы и размерного износа инструмента при обработке одной заготовки.

Подсчитать количество заготовок, которое можно обработать без подналадки станка, при оптимальном уровне наладки считая, что случайные погрешности (непредусмотренные настоящим расчетом) приводят к полю рассеяния размеров  $\omega = 50$  мкм (рис. 3.5).



\* Размеры для справок

Рис. 3.5

### Задача 3.3

На вертикально-фрезерном станке 6550 фрезеруется плоскость основания заготовки корпуса редуктора. Заготовка: отливка из серого чугуна СЧ21 (HB= 220), обрабатываемый размер  $308\pm 3,0$ , фрезерование ведется торцевой наборной фрезой по ГОСТ 9473–80 ( $\varnothing 250$ ,  $z = 24$ , с пластинками твердого сплава ВК8) за два рабочих хода.

Вычислить отклонение от плоскостности обработанной поверхности при обработке партии в 100 деталей. Считать, что припуск на обработку может быть неравномерным в пределах допуска отливки.

Расчет произвести для двух вариантов исходной заготовки: технологичной "а" (с занижением) и нетехнологичной "б" (рис. 3.6).

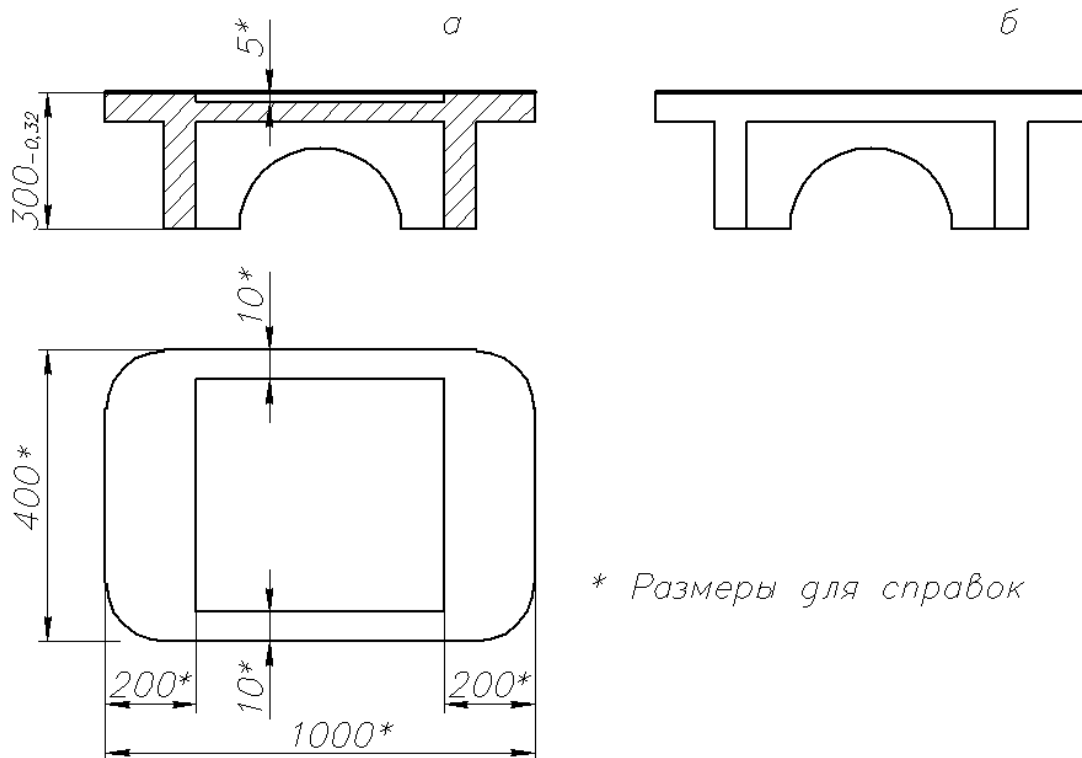
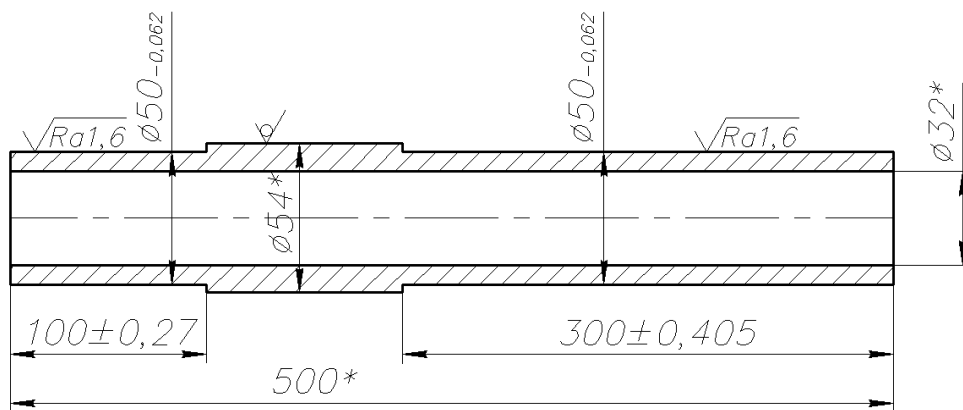


Рис. 3.6

### Задача 3.4

Спроектировать токарную операцию обработки оси (рис. 3.7) на токарно-винторезном станке 16К20. Исходная заготовка: труба горячекатаная  $54\times 11\times 500$  (ГОСТ 8732–78). Назначить план обработки, режимы резания и режущий инструмент. Вычислить погрешности от упругой деформации элементов технологической системы.



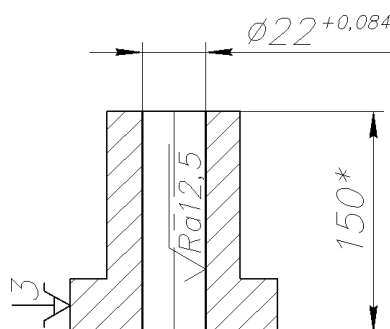


\* Размеры для справок

Рис. 3.7

### Задача 3.5

На вертикально-сверлильном станке 2Н125 обрабатывается партия заготовок в количестве 500 штук. Используется сверло из быстрорежущей стали 6PM5 по ГОСТ 2092–77. Материал заготовки: серый чугун СЧ18 (НВ 205–225). Торцы обрабатываемого отверстия предварительно фрезеруются. Назначить режим резания и вычислить изменение диаметра отверстия в результате размерного износа сверла и неперпендикулярность отверстия к базовой плоскости из-за упругих перемещений узлов станка (рис. 3.8). Принять  $u_0 = 15$  мкм/км.



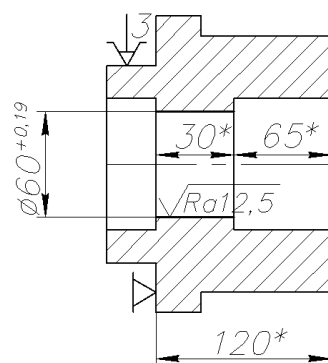
\* Размеры для справок

Рис. 3.8

### Задача 3.6

Для перехода: "Черновая расточка отверстия  $\varnothing 60^{+0,19}$  мм" и операции, выполняемого на станке 16Т02А, назначить режим резания и вычислить погрешность от упругих перемещении элементов технологической системы. Исходная заготовка (рис. 3.9): отливка из серого чугуна СЧ21 (НВ 170–241) имеет литое отверстие  $50 \pm 0,5$ . Используется

расточный резец (ГОСТ 18882–73), исполнение 2, с пластинкой твердого сплава ВК8.

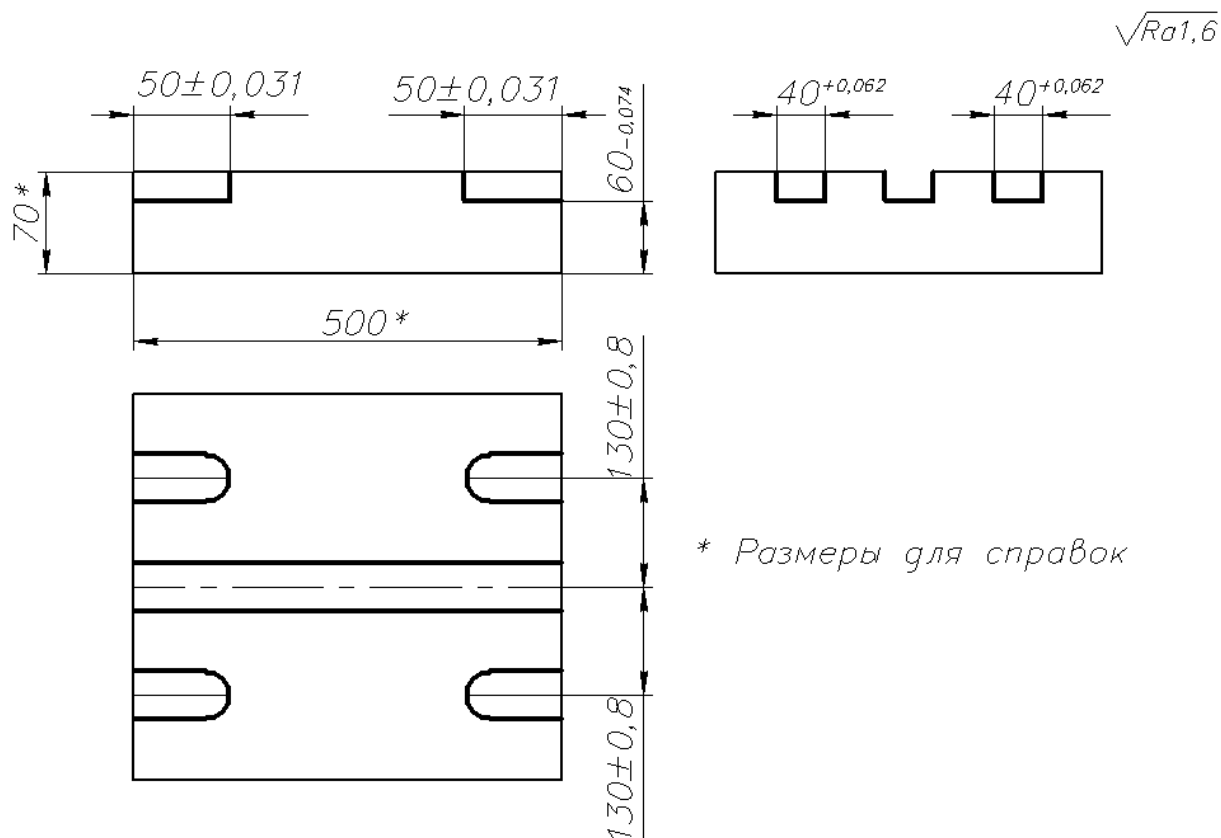


\* Размеры для справок

Рис. 3.9

### Задача 3.7

У корпусной детали шпоночной фрезой обрабатывается система пазов (рис. 3.10). Фреза по ГОСТ 9140–78, тип 2,  $\varnothing 40$  из быстрорежущей стали Р6М5. Обработка ведется на вертикально-фрезерном станке 6540. Назначить режим резания и подсчитать погрешность от упругих перемещений элементов технологической системы.



\* Размеры для справок

Рис. 3.10

### Задача 3.8

Какое количество заготовок может обработать указанный в задании зенкер до его полного износа при обработке отверстия диаметром  $D$ , длиной  $l$  в заготовке из заданного материала. Допустимый износ зенкера не должен превышать  $0,4T_D$ . Обработка ведется на вертикально-сверлильном станке 2Н135. Режим резания установить расчетом (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Вариант	$D$ , мм	$D_{\text{заг}}$ , мм	$l$ , мм	Материал заготовки	Тип зенкера	Материал зенкера
1	30Н12	36Н13	40	Сталь 35ХМ, $\sigma_B=850$ МПа	Насадной	T15K6
2	45Н13	40±0,5	60	Чугун СЧ12, HB200	Насадной	BK8
3	80Н10	74 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,4</sub>	120	Чугун КЧ37, HB165	Насадной	BK6
4	20Н10	18Н13	60	Сталь 35ХГС, $\sigma_B=850$ МПа	Цельный	T15K6
5	50Н8	48Н10	150	Сталь 60, $\sigma_B=690$ МПа	Насадной	T15K6
6	14Н10	12Н13	35	Сталь 45, $\sigma_B=610$ МПа	Цельный	T15K6
7	12Н10	10Н13	40	Чугун СЧ21, HB220	Цельный	BK6
8	25Н11	22Н13	50	Чугун СЧ35, HB269	Цельный	BK8
9	35Н11	30±0,5	30	Чугун СЧ18, HB229	Насадной	BK8
10	40Н10	38Н13	45	Сталь 35Х, $\sigma_B=700$ МПа	Насадной	T5K10

### Задача 3.9

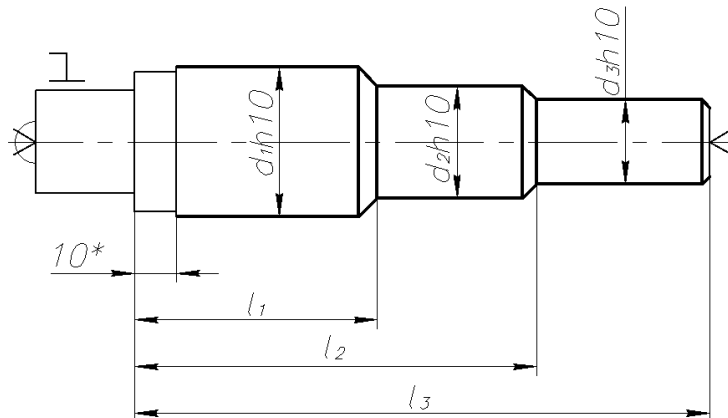
Определить величину конусности шейки гладкого вала, установленного в патроне токарного станка и поджатого задним центром, диаметром  $D$  мм и длиной  $l$  мм, вызванную размерным; износом резца при обточке шейки с подачей  $S$  мм/об, (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Вариант	$d$ , мм	$l$ , мм	$S$ , мм/об	Материал заготовки	Материал резца
1	50	500	0,1	Сталь 20Х13	T30K4
2	80	700	0,15	Сталь 30Х	T30K4
3	100	850	0,15	Сталь 45Х	T30K4
4	120	1000	0,2	Сталь 35ХМ	T30K4
5	150	1400	0,3	Сталь 30ХГС	T30K4
6	130	1200	0,3	Сталь 45	T15K6
7	115	1000	0,2	Сталь 40	T15K6
8	100	900	0,15	Сталь А12	T15K6
9	105	1000	0,15	Чугун СЧ24	BK6
10	110	950	0,2	Чугун СЧ35	BK6

### Задача 3.10

На станке 16К20Ф3 осуществляется чистовая обточка шеек  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  ступенчатого вала. Используется резец с пластиной Т15К6. Выбрать геометрию заточки резца, назначить припуск и режимы резания. Определить погрешность обработки от упругих перемещении элементов технологической системы и размерного износа резца при обработке без подналадки партии заготовок  $N$  штук (рис. 3.11, табл. 3.5).



\* Размер, для справок

Рис. 3.11

Таблица 3.5

Вариант	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	N, шт.	Материал заготовки
1	40	30	25	100	150	225	60	Сталь 10, $\sigma_B=340$ МПа
2	100	85	75	100	250	325	25	Сталь 30, $\sigma_B=500$ МПа
3	120	90	65	120	300	450	15	Сталь 45, $\sigma_B=610$ МПа
4	80	75	50	150	280	400	20	Сталь 20Х13, $\sigma_B=750$ МПа
5	60	50	45	80	180	250	25	Сталь А12, $\sigma_B=500$ МПа
6	50	45	35	100	150	200	30	Сталь А40Г, $\sigma_B=700$ МПа
7	40	35	30	110	140	160	40	Сталь 30Х, $\sigma_B=700$ МПа
8	80	60	55	100	120	150	30	Сталь 50ХН, $\sigma_B=900$ МПа
9	60	55	50	130	150	200	50	Сталь 18ХГ, $\sigma_B=750$ МПа
10	55	50	40	100	130	250	30	Сталь 30ХМ, $\sigma_B=750$ МПа

### Задача 3.11

На горизонтально-расточном станке 263Ф1 производится операция чистовой расточки отверстия диаметром  $D$ , длиной  $l$ . Назначить припуск и режим резания. Через какое число обработанных заготовок следует производить поднастройку резца вследствие его износа? (Допустимый износ резца составляет  $0,3IT$  отверстия, растачиваемого резцом) (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Вариант	$D$ , мм	$l$ , мм	Материал заготовки	Материал резца
1	60Н8	200	Сталь 30Х, $\sigma_B=700$ МПа	T15K6
2	100Н6	300	Сталь А30, $\sigma_B=550$ МПа	T30K4
3	150Н6	400	Сталь 20, $\sigma_B=420$ МПа	T30K4
4	200Н9	500	Сталь 35ХМ, $\sigma_B=850$ МПа	T5K10
5	300Н9	700	Чугун СЧ32, НВ259	ВК6
6	100Н8	150	Чугун КЧ37, НВ163	ВК8
7	150Н10	300	Сталь 65, $\sigma_B=710$ МПа	T5K10
8	200Н6	400	Сталь 35Г, $\sigma_B=570$ МПа	T30K4
9	125Н7	300	Сталь 45, $\sigma_B=610$ МПа	T30K4
10	250Н8	200	Сталь СЧ15, НВ210	ВК6

### Задача 3.12

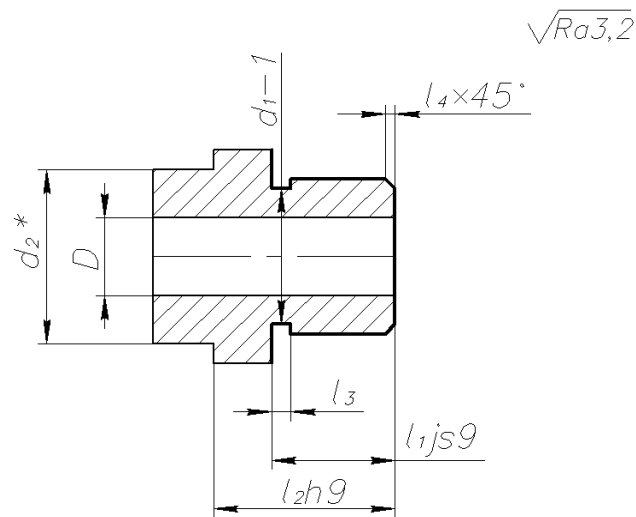
Через какое число обрабатываемых заготовок необходимо производить смену разверток вследствие их износа при развертывании отверстий диаметром  $D$ , на длине  $l$ , в чугунных корпусах, при допуске на отверстие Н7 и допустимым износом развертки  $0,5IT_D$ . Выбрать величину припуска и назначить режим резания (относительный износ развертки принять  $u_0=5$  мкм/км) (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Вариант	$D$ , мм	$l$ , мм	$m$ , шт.	Материал корпуса
1	20	30	120	Чугун СЧ12, НВ200
2	40	60	100	Чугун СЧ15, НВ229
3	60	80	80	Чугун СЧ18, НВ180
4	80	80	80	Чугун СЧ21, НВ240
5	100	100	80	Чугун СЧ32, НВ250
6	12	15	160	Чугун СЧ35, НВ269
7	15	30	120	Чугун СЧ-10, НВ180
8	10	10	60	Чугун КЧ37, НВ163
9	25	30	100	Чугун СЧ-15, НВ190
10	30	40	80	Чугун СЧ-10, НВ180

### Задача 3.13

На токарном станке с ЧПУ (модель 16К20Ф3) обрабатывается партия заготовок ( $m$ , штук). Подобрать режущий инструмент назначить припуск и режим резания для чистовой обработки заготовки. Подсчитать погрешности от упругих деформаций элементов технологической системы и размерного износа инструмента при обработке партии заготовок без подналадки. (рис. 3.12, табл. 3.8).



\* Размер для справок

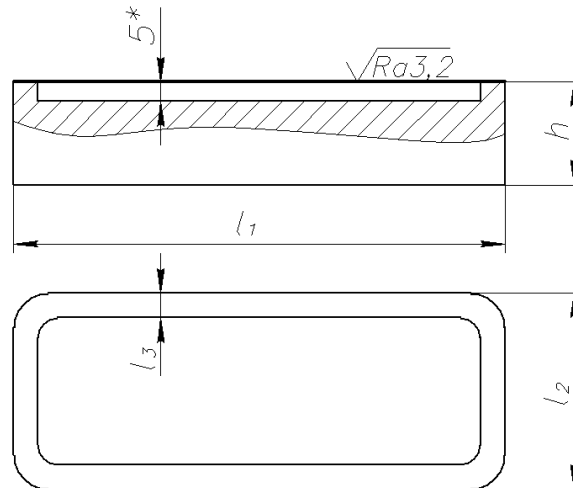
Рис. 3.12

Таблица 3.8

Вариант	$D$	$d_1$	$d_2$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$m$ , шт	Материал заготовки
1	10	30	50	20	40	3	2	100	Чугун СЧ12, HB200
2	20	40	60	20	35	3	2,5	120	Чугун СЧ15, HB210
3	20	50	70	25	40	3	3	90	Чугун СЧ21, HB220
4	15	35	70	20	35	4	2	150	Чугун СЧ28, HB241
5	20	45	80	25	45	4	3	200	Чугун СЧ35, HB269
6	20	55	80	30	40	4	3,5	220	Чугун КЧ37, HB169
7	30	60	75	30	45	4	3,5	140	Сталь 45, $\sigma_B=610$ МПа
8	30	65	80	30	50	4	3,5	150	Сталь 55, $\sigma_B=660$ МПа
9	30	70	90	30	40	4	4	75	Сталь 20Х13, $\sigma_B=750$ МПа
10	30	75	100	35	45	5	4	250	Сталь 30Х, $\sigma_B=700$ МПа

### Задача 3.14

На фрезерном станке с ЧПУ модель 6550Ф3 обрабатывается плоскость корпусной детали у партии заготовок ( $m$ , штук). Подобрать фрезу, назначить режим резания и подсчитать погрешность обработки размера  $h$  и размерного износа фрезы в случае работы без подналадки станка (рис. 3.13, табл. 3.9).



\* Размер для справок

Рис. 3.13

Таблица 3.9

Вариант	$h$	$h_{\text{заг}}$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$m$ , шт.	Материал заготовки
1	30h11	40±0.8	300	300	20	100	Чугун СЧ-10 НВ180
2	55h11	65±1,0	400	300	20	120	Чугун СЧ-15 НВ190
3	85h11	95±1,0	500	400	30	175	Чугун КЧ37, НВ163
4	125h11	135±1,2	500	350	35	85	Чугун СЧ-10, НВ180
5	200h11	210±1,5	750	400	40	100	Чугун СЧ35, НВ269
6	30h12	40±0,5	200	150	20	300	Чугун СЧ32, НВ250
7	55h12	65±1,0	400	300	30	160	Чугун СЧ21, НВ240
8	85h11	95±1,0	500	400	40	55	Чугун СЧ18, НВ180
9	125h11	135±1,2	650	400	40	75	Чугун СЧ15, НВ226
10	200h11	210±1,5	750	450	35	30	Чугун СЧ12, НВ200

## ГЛАВА IV

### АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Определение размерных параметров технологического процесса механической обработки является одним из наиболее ответственных и трудоемких этапов технологической подготовки производства.

Наиболее существенным условием совершенствования методов расчета операционных размеров и припусков является применение для этих расчетов теории размерных цепей.

Технологические размерные цепи решают задачу расчетного обеспечения регламентированной чертежом точности обработки детали, осуществляя управление точностью обработки на настроенных станках путем последовательного прибавления к номинальным размерам чертежа операционных припусков и установления нормативной точности операционных размеров на каждой операции.

Выявление и расчет технологических размерных цепей лежит в основе размерного анализа технологических процессов. Целью размерного анализа является:

- 1) установление обоснованных операционных размеров и технических требований на все операции технологического процесса;
- 2) определение предельных размеров припусков и размеров заготовки;
- 3) обеспечение наиболее рациональной последовательности обработки отдельных поверхностей детали, обеспечивающей требуемую точность размеров.

При выполнении размерного анализа осуществляется комплекс работ: предварительная разработка технологического процесса обработки заготовки детали; назначение обоснованных допусков на все операционные размеры; определение минимальных необходимых припусков; построение размерных схем технологического процесса; выявление технологических размерных цепей; определение операционных размеров и размеров заготовки путем решения технологических размерных цепей; расчет предельных значений припусков; установление рациональных способов простановки операционных размеров.

При выполнении задания необходимо разработать маршрутный технологический процесс механической обработки, назначить припуски на обработку и операционные допуски, построить размерную схему технологического процесса, рассчитать неизвестные операционные размеры или размеры заготовки.



### Задача 4.1

Для вала, изготавливаемого из стали 40Х (рис. 4.1), разработать маршрутный технологический процесс обработки и определить неизвестные линейные операционные размеры и размеры заготовки. Исходные данные приведены в табл. 4.1. Заготовка получена штамповкой в закрытых штампах на кривошипных прессах.

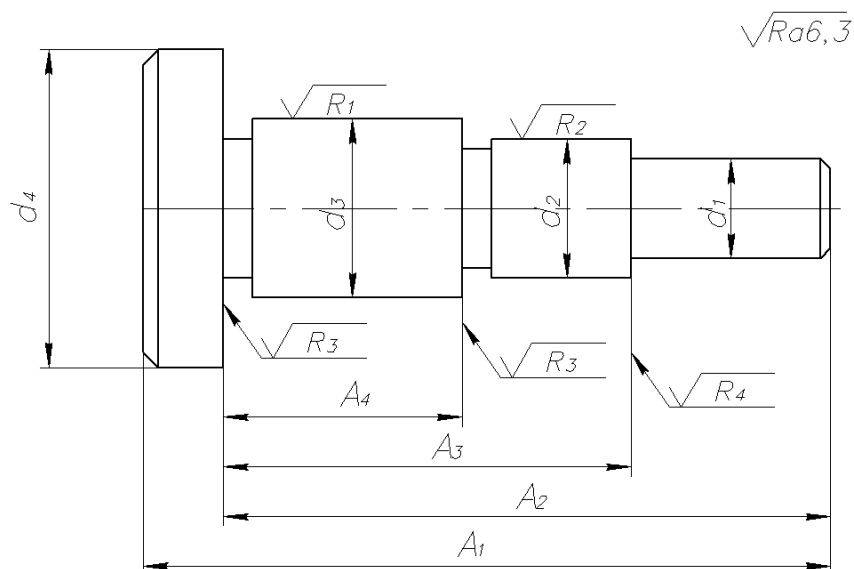


Рис. 4.1

Таблица 4.1

Исходные данные к задаче 4.1

Размеры	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
$d_1$ , мм	16h14	20h14	24h14	24h14	28h14	30h14
$d_2$ , мм	20h8	28h7	36h6	40h8	40h10	50h9
$d_3$ , мм	24h8	36h7	42h7	48h8	50h10	56h9
$d_4$ , мм	36h14	42h14	48h14	56h14	60h14	65h14
$A_1$ , мм	100 <sub>-0,87</sub>	150 <sub>-1,0</sub>	180 <sub>-1,0</sub>	200	240	280 <sub>-1,3</sub>
$A_2$ , мм	94±0,435	140±0,5	166±0,5	185	225	260±0,65
$A_3$ , мм	60±0,37	100±0,27	120±0,27	130	160	180±0,5
$A_4$ , мм	40±0,125	60±0,1	70±0,15	80	90	100±0,27
$R_1$ , мкм	Ra2,5	Ra1,6	Ra1,6	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2
$R_2$ , мкм	Ra2,5	Ra1,6	Ra1,6	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2
$R_3$ , мкм	Ra3,2	Ra3,2	Ra2,5	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2
$R_4$ , мкм	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2	Ra6,3	Ra6,3

## Задача 4.2

Для вала, изготавливаемого из стали 45 (рис. 4.2), разработать маршрутный технологический процесс обработки и определить линейные размеры заготовки. Исходные данные приведены в табл. 4.2. Заготовка получена штамповкой в открытых штампах на кривошипных прессах.

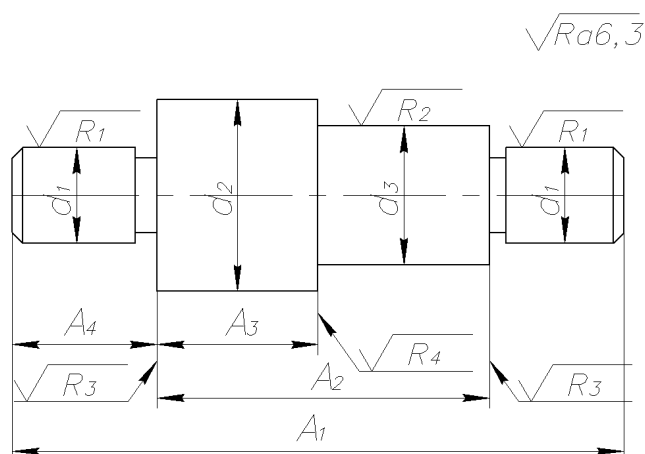


Рис. 4.2

Таблица 4.2

Исходные данные к задаче 4.2

Размеры	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
$d_1$ , мм	15k6	20h6	25h8	30k6	40h7	50n6
$d_2$ , мм	32h14	28h12	45h14	60h12	65h14	80h14
$d_3$ , мм	24h8	30h6	36h10	40n68	50h9	70h8
$A_1$ , мм	90 <sub>-0,87</sub>	150 <sub>-1,0</sub>	180 <sub>-1,0</sub>	200 <sub>-1,15</sub>	240 <sub>-1,15</sub>	300 <sub>-1,3</sub>
$A_2$ , мм	60 <sub>-0,12</sub>	110	135	140	180	210
$A_3$ , мм	24 <sub>-0,52</sub>	40	55	60	50	70
$A_4$ , мм	15±0,215	15±0,215	20±0,26	30±0,26	35±0,31	40±0,31
$R_1$ , мкм	Ra0,8	Ra1,25	Ra2,5	Ra1,6	Ra2,5	Ra1,6
$R_2$ , мкм	Ra1,6	Ra1,25	Ra3,2	Ra1,6	Ra3,2	Ra2,5
$R_3$ , мкм	Ra2,5	Ra1,6	Ra3,2	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5
$R_4$ , мкм	Ra6,3	Ra1,6	Ra6,3	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2

### Задача 4.3

Для втулки, изготавливаемой из стали 30 (рис. 4.3), разработать маршрутный технологический процесс обработки и определить линейные размеры заготовки. Исходные данные приведены в табл. 4.3. Заготовка получена штамповкой на горизонтально-ковочной машине.

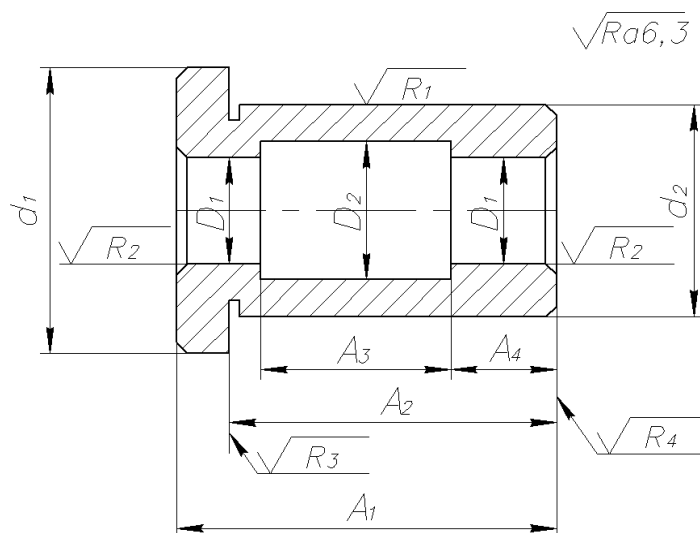


Рис. 4.3

Таблица 4.3

Исходные данные к задаче 4.3

Размеры	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
$d_1$ , мм	32h14	38h14	40h14	50h14	60h14	64h14
$d_2$ , мм	24h8	30h7	32h8	40h6	48h8	50h8
$D_1$ , мм	16H8	20H7	24H8	30H7	36H9	40H9
$D_2$ , мм	18H14	22H14	25H14	34H14	38H14	42H9
$A_1$ , мм	40 <sub>-0,62</sub>	50 <sub>-0,62</sub>	56 <sub>-0,74</sub>	65 <sub>-0,74</sub>	75 <sub>-0,74</sub>	90 <sub>-0,87</sub>
$A_2$ , мм	36±0,31	45±0,2	50±0,31	60±0,23	68±0,37	84±0,435
$A_3$ , мм	20 <sup>+0,84</sup>	30 <sup>+0,84</sup>	30 <sup>+0,84</sup>	35 <sup>+1,0</sup>	40 <sup>+1,0</sup>	50 <sup>+1,0</sup>
$A_4$ , мм	10±0,18	12±0,215	15±0,215	20±0,26	20±0,26	16±0,215
$R_1$ , мкм	Ra2,5	Ra1,6	Ra2,5	Ra1,25	Ra2,5	Ra2,5
$R_2$ , мкм	Ra1,6	Ra1,6	Ra2,5	Ra2,5	Ra3,2	Ra3,2
$R_3$ , мкм	Ra2,5	Ra1,6	Ra3,2	Ra2,5	Ra2,5	Ra3,2
$R_4$ , мкм	Ra3,2	Ra2,5	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2	Ra6,3

### Задача 4.4

Для крышки подшипника, изготавливаемой из чугуна СЧ15 (рис. 4.4), разработать маршрутный технологический процесс механической обработки и определить неизвестные линейные технологические размеры и размеры заготовки. Исходные данные приведены в табл. 4.4. Заготовка - отливка III класса точности.

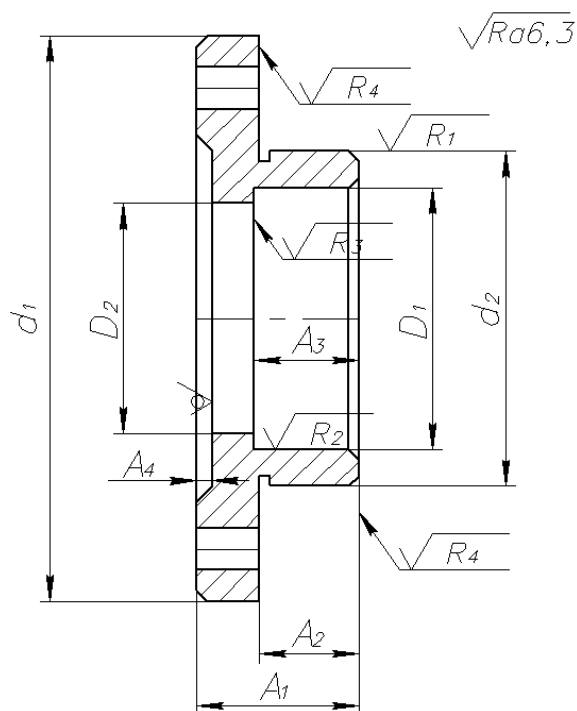


Рис. 4.4

Таблица 4.4

Исходные данные к задаче 4.4

Размеры	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
$d_1$ , мм	70h14	82h14	95h14	105h14	110h14	120h14
$d_2$ , мм	40h8	52h8	60h8	68h8	72h8	80h8
$D_1$ , мм	32H8	42H8	52H8	58H8	65H8	70H8
$D_2$ , мм	18H13	26H13	31H14	36H14	46H14	51H14
$A_1$ , мм	24 <sub>-0,84</sub>	30 <sub>-0,84</sub>	32 <sub>-1,0</sub>	36 <sub>-1,0</sub>	40 <sub>-1,0</sub>	45 <sub>-1,0</sub>
$A_2$ , мм	12±0,1	18±0,1	20±0,1	22±0,15	28±0,15	30±0,2
$A_3$ , мм	14±0,215	20±0,26	24±0,26	26±0,26	30±0,26	35±0,31
$A_4$ , мм	2±0,5	2±0,5	3±0,5	3±0,5	4±0,6	4±0,6
$R_1$ , мкм	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5	Ra3,2	Ra3,2
$R_2$ , мкм	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5	Ra2,5
$R_3$ , мкм	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2	Ra3,2
$R_4$ , мкм	Ra3,2	Ra2,5	Ra2,5	Ra3,2	Ra3,2	Ra2,5

## ГЛАВА V

### РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ ОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

Аналитический расчет производится с целью определения минимально необходимой и достаточной величины припуска на механическую обработку  $z_{min}$ .

Расчету припуска должен предшествовать план обработки данной поверхности: последовательность технологических переходов, способы установки заготовки при осуществлении каждого перехода и результаты обработки поверхности (прогнозируемые) при каждом технологическом переходе.

Для аналитического расчета припуска необходимо установить все элементарные слагаемые припуска:

$R_{z_{i-1}}$  – величину шероховатости поверхности, полученную в результате предыдущего перехода;

$h_{i-1}$  – толщину дефектного слоя, полученного в результате всей предыдущей обработки;

$\Delta\Sigma_{i-1}$  – суммарное отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно установочной базы, используемой на анализируемом переходе, и погрешность формы обрабатываемой поверхности, полученную в результате всей предшествующей обработки;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки при реализации перехода, для которого рассчитывается припуск.

При расчете минимального припуска все эти слагаемые суммируются:

$z_{imin} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta\Sigma_{i-1} + \varepsilon_i$  – при последовательной обработке поверхностей (односторонний припуск);

$2z_{imin} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta\Sigma_{i-1} + \varepsilon_i)$  – при параллельной обработке противоположных поверхностей (двухсторонний припуск);

$2z_{imin} = 2\left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{(\Delta\Sigma_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}\right)$  – при обработке поверхностей вращения.

Ниже приведены выдержки из таблиц справочника [21], включающие данные, необходимые для расчета слагаемых припуска (табл. 5.1–5.13).

Величины  $R_z$  и  $h$  определяются по этим таблицам в зависимости от вида обработки поверхности и способа получения исходной заготовки. Суммарная погрешность расположения и формы  $\Delta\Sigma$  определяется на основе анализа всех возможных отклонений положения обрабатываемой

поверхности относительно установочной базы и всех факторов, вызывающих изменение теоретической формы поверхности.

В самом общем случае величина  $\Delta\Sigma$  определяется как сумма погрешности смещения  $\Delta_{\text{см}}$  и погрешности коробления (кривизны)  $\Delta_{\text{кор}}$ :

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2}.$$

Отклонение расположения поверхностей отливки связано с неточностью межосевых расстояний отлитых отверстий и их расположения относительно технологических баз, получаемых из-за смещения стержней, отклонения от параллельности плоскостей отливки, из-за смещения частей формы и т. д.

Смещение поверхностей исходных заготовок, полученных штамповкой, происходит из-за отклонения от соосности частей заготовки, изготовленных в разных половинах штампа или использования при изготовлении исходной заготовки нескольких штампов (с прошивкой отверстий).

Погрешности от коробления возникают в различных координатных плоскостях, например, отлитое отверстие в исходной заготовке имеет погрешности в диаметральной и осевой плоскостях. В этом случае погрешность  $\Delta_{\text{кор}}$  находится как геометрическая сумма составляющих погрешностей:  $\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор.диам.}}^2 + \Delta_{\text{кор.ос.}}^2}$ .

Исходные заготовки валов имеют дополнительную погрешность, связанную с операцией центрирования  $\Delta_{\text{ц}}$ . Для этих заготовок

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2}.$$

При дообработке просверленного отверстия приходится учитывать искривление оси отверстия (увод сверла) и смещение вершины сверла относительно номинального положения

$$\Delta\Sigma = \sqrt{\Delta_{\text{ув}}^2 + \Delta_0^2}.$$

Величину коробления определяют как произведение величины  $\Delta_k$  (относительного коробления) и соответствующего линейного размера  $l$ . В отдельных случаях величина допустимого коробления в справочных таблицах указывается для интервала размеров.

Величина увода сверла  $\Delta_{\text{ув}}$  также определяется как произведение относительного увода сверла  $\Delta_y$  на глубину сверления  $l$ . Если производится повторная обработка ранее обработанной поверхности, то суммарная погрешность расположения и формы определяется зависимостью  $\Delta\Sigma = K_y \Delta\Sigma_{\text{ис}}$ , где  $\Delta\Sigma_{\text{ис}}$  – соответствующая погрешность заготовки до обработки, а  $K_y$  – коэффициент уточнения.

Расчет величины  $\Delta\Sigma$  требует тщательного анализа всех условий обработки заготовки. Так, например, если за черновую базу была принята

поверхность, для которой рассчитывается припуск, и с ее использованием обработана поверхность, являющаяся установочной базой при расчете припуска на заданном переходе, то величина  $\Delta\Sigma$  рассчитывается с использованием коэффициента уточнения  $K_y$ , как и для поверхности повторно обрабатываемой.

Таблица 5.1

Допустимые отклонения чугунных и стальных отливок II класса точности

Наибольший габаритный размер отливки, мм	Номинальный размер, мм					
	до 50	50–120	120–260	260–500	500–800	800–1250
До 260	±0,5	±0,8	±1,0	–	–	–
Св.260 до 500	±0,8	±1,0	±1,2	±1,5	–	–
Св.500 до 1250	±1,0	±1,2	±1,5	±2,0	±3,0	–
Св.1250 до 3150	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±4,0

Таблица 5.2

Качество поверхности отливок ( $Rz+h$ , мкм) II класса точности

Материал отливки	Наибольший размер отливки, мм		
	До 500	Св.500 до 1250	Св.1250 до 3150
Чугун	500	700	900
Сталь	400	600	800

Таблица 5.3

Отклонения расположения поверхностей отливок

Вид отклонения	Величина отклонения	
Межосевое расстояние отверстий ( $\pm\Delta_{м.о.р.}$ ), мм	1,2–2,0	
Расположение отверстия относительно технологических баз ( $\pm\Delta_{р.т.б.}$ ), мм	1,2–2,5	
От параллельности плоскости $\Delta_{оп}$ , мкм на 1 мм	1/2 допуска на размер	
Перекося отверстия $\Delta_{п}$ , мкм на 1 мм для диаметра $d$	$d$ , мм	
	До 10	–
	Св.10 до 30	10-20
	Св.30 до 50	3–15
	Св.50	3–10
Коробление $\Delta_{к}$ , мкм на 1 мм корпусной детали	0,3–1,5	
То же плит	2,0–3,0	

Таблица 5.4

Точность и качество поверхности отливки  
II класса точности после механической обработки

Обработка	Квалитет	R <sub>z</sub> , мкм	h, мкм
Черновая обточка, строгание, фрезерование	14	100	100
Получистовая обточка	12	50	50
Чистовая обточка	10–11	25	25
Тонкая обточка	7–9	5	5
Шлифование черновое	8–9	10	20
Шлифование чистовое	6–8	5	15

Таблица 5.5

## Качество поверхности штамповок

Масса поковки, кг	R <sub>z</sub> , мкм	h, мкм
До 0,25	80	150
Св.0,25 до 4	160	200
Св.4 до 25	200	250
Св.25 до 40	250	300
Св.40 до 100	320	350
Св.100 до 200	400	400

Таблица 5.6

Допуски (мм) на изготовление штамповок из стали группы МІ, степенью сложности СІ

Масса поковки	Размер поковки, мм (свыше-до)								
	50	50–120	120–180	180–260	260–360	360–630	630–800	800–1000	1000–1250
2,5–4,0	+1,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,5	+3,0
	–0,7	–0,7	–0,8	–0,9	–0,9	–1,2	–1,4	–1,5	–1,5
4,0–6,3	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,5	+3,0	+3,0
	–0,7	–0,8	–0,9	–1,0	–1,2	–1,4	–1,5	–1,5	–2,0
6,3–10	+1,6	+1,9	+1,9	+2,1	+2,2	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5
	–0,8	–0,9	–1,0	–1,1	–1,4	–1,5	–1,5	–2,0	–2,0
10–16	+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0
	–0,9	–1,0	–1,1	–1,2	–1,5	–1,5	–2,0	–2,0	–2,0



Окончание таблицы 5.6

16–25	+1,9	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,5
	-1,0	-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0
25–40	+2,1	+2,4	+2,5	+3,0	+3,0	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5
	-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5
40–63	+2,4	+2,5	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	+4,5
	-1,2	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0
63–100	+2,5	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,0	+4,5	+4,5	+5,0
	-1,5	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-3,0
100–160	+3,0	+3,5	+3,5	+4,0	+4,5	+4,5	+5,0	+5,0	+5,5
	-1,5	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,0	-3,5	-3,5
160–250	+3,5	+3,5	+4,0	+5,0	+5,0	+5,0	+5,5	+5,5	+6,0
	-1,5	-2,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-3,5	-4,0	-4,0

Таблица 5.7

Кривизна  $\Delta_k$  (мкм на 1 мм) для поковок

Вид обработки	Диаметр или размер сечения, мм				
	До 120	Св.120–180	Св.180–250	Св.250–315	Св.315–500
Ковка	3	2	1	0,8	0,6
Механическая обработка:					
обдирочная	1,5	1	0,5	0,4	0,3
черновая	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1
получистовая	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
После термической обработки и правки	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02

Таблица 5.8

Кривизна  $\Delta_k$  (мкм на 1 мм) поковок типа валов

Вид обработки	Диаметр поковки, мм							
	До 25	Св.25–50	Св.50–30	Св.80–120	Св.120–180	Св.180–260	Св.260–360	Св.360–500
После штамповки	4	3	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0
После правки на прессах	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	-	-
После термической обработки в печах	2,5	1,5	1,5	1,0	1,0	-	-	-

Таблица 5.9

Отклонение от concentричности и коробление поковок нормальной точности типа дисков и рычагов, получаемых на прессах

Вид погрешности	Толщина (высота) или ширина поковок, мм					
	до 50	Св.50–120	Св.120–180	Св.180–260	Св.260–360	Св.360–500
Отклонение от concentричности отверстий $\Delta_{\text{экс}}$ , мм	0,8	1,4	2,0	2,8	3,2	3,6
Коробление $\Delta_{\text{кор}}$ , мм	0,5	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1

Таблица 5.10

Точность и качество поверхности штампованных поковок после механической обработки

Способ обработки	Квалитет	$R_z$ , мкм	$h$ , мкм
Валы ступенчатые, наружные поверхности:			
однократное точение	11–12	32	30
черновое точение	12	50	50
чистовое точение	11	25	25
тонкое точение	7–9	5	5
Торцевые поверхности валов:			
черновая подрезка	12	50	50
чистовая подрезка	11	32	30
фрезерование	14	100	100
Обтачивание наружных поверхностей дисков:			
однократное	10–12	32	30
черновое	14	100	100
получистовое	12	50	50
чистовое	10–11	25	25
Шлифование валов и дисков			
предварительное	8–9	10	20
чистовое	6–7	5	15

Таблица 5.11

Качество поверхностей отверстий, полученных механической обработкой

Способ обработки	Диаметр отверстия, мм	Квалитет	R <sub>z</sub> , мкм	h, мкм
Сверление спиральными сверлами	От 3 до 6	12	20	40
	Св.6 до 10	12	32	50
	Св.10 до 18	12	40	60
	Св.18 до 50	12	50	70
	Св. 50 до 80	12	63	80
Зенкерование черновое	От 18 до 30	11	40	40
	Св.30 до 80	11	50	50
Зенкерование чистовое	До 30	10	32	30
	Св.30 до 80	10	40	40
Растачивание черновое	От 50	12	40	50
Растачивание чистовое	До 260	10	20	20

Таблица 5.12

Увод сверла и смещение отверстия при сверлении

Погрешность	Диаметр отверстия, мм				
	3–6	6–10	10–18	18–30	30–50
Увод Δ <sub>y</sub> , мкм/мм	2,1	1,7	1,3	0,9	0,9
Смещение Δ <sub>o</sub> , мм	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30

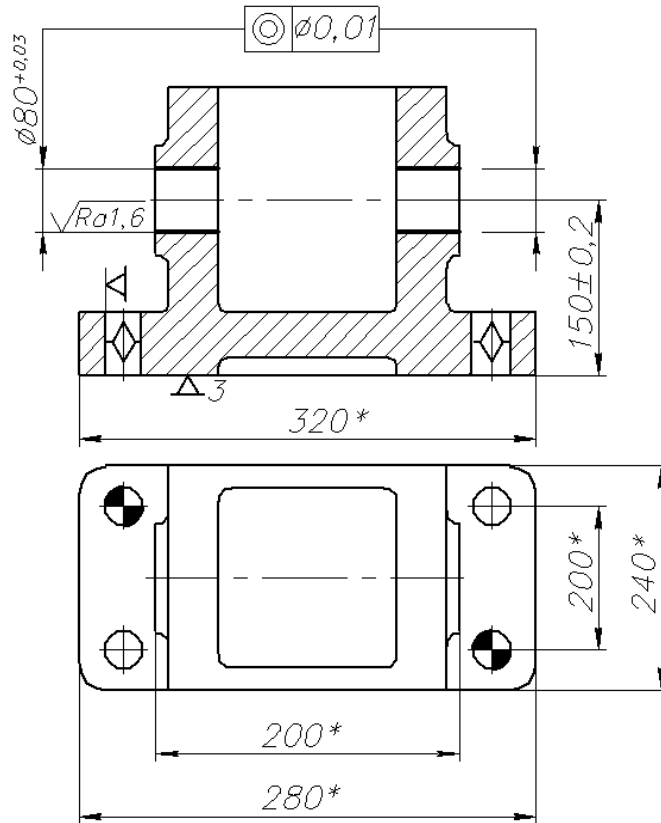
Таблица 5.13

Коэффициент уточнения K<sub>y</sub> при механической обработке поверхностей заготовки

Технологический переход	K <sub>y</sub>
Однократное обтачивание, строгание, фрезерование	0,05
Черновое обтачивание, строгание, фрезерование	0,06
Получистовое обтачивание, строгание, фрезерование	0,05
Чистовое обтачивание, строгание, фрезерование	0,04
Предварительное шлифование	0,03
Окончательное шлифование	0,02

## Задача 5.1

Рассчитать припуск и назначить операционные размеры при механической обработке отверстия  $\varnothing 80^{+0,03}$  корпусной детали. Исходная заготовка: отливка из серого чугуна СЧ15, II класса точности (рис. 5.1).



\* Размеры для справок

Рис. 5.1

### Решение

Поверхность обрабатывается за две операции: черновую и чистовую. Черновая операция выполняется за один установ и один переход. В качестве установочной базы используется плоскость и два отверстия  $\varnothing 15^{+0,018}$ , перпендикулярных к плоскости. При обработке плоскости в качестве черновой базы использована поверхность отверстия. Приспособление имеет установочные пластины и два установочных пальца  $\varnothing 15_{-0,034}^{-0,016}$ . Зажим – механический, винтовой. Чистовая операция выполняется за один установ и два перехода. Установочная база и приспособление – аналогичны используемым на 1-й операции.

Слагаемые припуска:

1-й переход, черновая расточка (12-й квалитет точности).

$$R_{z_{i-1}} + h_{i-1} = 500 \text{ мкм (табл. 5.2)}. \Delta \Sigma_{i-1} = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2}.$$

Погрешность смещения складывается из погрешности расположения отверстия относительно технологической базы  $\pm\Delta_{p.t.б}$  и перекоса оси отверстия  $\Delta_{п}$ .

При обработке базовой плоскости  $\Delta_{p.t.б} = \pm 2$  мм;  $\Delta_{п} = 6$  мкм/мм (табл. 5.3).

$$\Delta_{см} = \sqrt{4000^2 + (6 \cdot 200)^2} = 4180 \text{ мкм.}$$

При использовании обработанной плоскости за установочную базу, при черновой расточке отверстия принимают  $K_y = 0,06$  (табл. 5.13) и  $\Delta_{см} = 0,06 \cdot 4180 = 251$  мкм.

Погрешность формы из-за коробления складывается из коробления по диаметру и по оси заготовки  $\Delta_{кор} = \sqrt{\Delta_{к.D}^2 + \Delta_{к.l}^2}$ ;  $\Delta_{к} = 1$  мкм/мм (табл. 5.3):

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 80)^2 + (1 \cdot 200)^2} = 215,4 \approx 215 \text{ мкм;}$$

$$\Delta\Sigma_{i-1} = \sqrt{251^2 + 215^2} = 330 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_i$  (по главе II)

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_{п})^2};$$

$$\varepsilon_6 = 18 + 34 = 52 \text{ мкм (табл. 2.1);}$$

$$\varepsilon_3 + \varepsilon_{п} = 120 \text{ мкм (табл. 2.3);}$$

$$\varepsilon_i = \sqrt{52^2 + 120^2} = 130,78 \approx 131 \text{ мкм.}$$

2-й переход (чистовая расточка, 10-й квалитет точности):

$$R_{zi-1} = 100 \text{ мкм (таблица 5.4);}$$

$$h_{i-1} = 0 \text{ (материал заготовки – серый чугун);}$$

$$\Delta\Sigma_{i-1} = K_y \cdot \Delta\Sigma_{исх} = K_y \cdot \sqrt{\Delta\Sigma^2 + \varepsilon^2}; K_y = 0,05 \text{ (табл. 5.13);}$$

$$\Delta\Sigma_{i-1} = 0,05 \cdot \sqrt{330^2 + 131^2} = 17,75 \approx 18 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_6 = 131 \text{ мкм (по расчету для 1-го перехода).}$$

3-й переход (тонкая расточка, 7-й квалитет точности)

$$R_{zi-1} = 25 \text{ мкм (табл. 5.4); } h_{i-1} = 0;$$

$$\Delta\Sigma_{i-1} = K_y \cdot \sqrt{\Delta\Sigma^2 + \varepsilon^2}; K_y = 0,04 \text{ (табл. 5.13);}$$

$$\Delta\Sigma_{i-1} = 0,04 \cdot \sqrt{18^2 + 131^2} = 5,28 \approx 5,3 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_i = 0 \text{ мкм (переход осуществляется за один установ с предыдущим).}$$

Минимальный припуск по переходам:

$$1\text{-й переход } 2z_{\min 1} = 2 \cdot \left( 500 + \sqrt{330^2 + 131^2} \right) = 1710 \text{ мкм;}$$

$$2\text{-й переход } 2z_{\min 2} = 2 \cdot \left( 100 + \sqrt{18^2 + 131^2} \right) = 464,46 \approx 464 \text{ мкм;}$$

$$3\text{-й переход } 2z_{\min 3} = 2 \cdot (25 + 5,3) = 60,6 \approx 61 \text{ мкм.}$$

Результаты расчета приведены в табл. 5.14.

Таблица 5.14

Переход	Слагаемые припуска, мкм				Расчетные значения		Допуск, мкм	Принятые значения, мкм			
	$R_{z\ i-1}$	$h_{i-1}$	$\Delta\Sigma_{i-1}$	$\varepsilon_i$	$2Z_{\min}$ , мкм	$A_p$ , мм	ТА	$A_{\max}$	$A_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
0	–	–	–	–	–	77,795	2000	77	75	–	–
1	500		330	131	1710	79,505	300	79,5	79,2	4,2	1,5
2	100	–	18	131	464	79,968	120	79,96	79,84	0,64	0,46
3	25	–	5,3	–	61	80,03	30	80,03	80,0	0,16	0,07

### Операционные размеры

Исходная заготовка  $\varnothing 76 \pm 1,0$ ; черновая расточка  $\varnothing 79,2^{+0,3}$ ; чистовая расточка  $\varnothing 79,8^{+0,12}$ ; тонкая расточка  $\varnothing 80^{+0,03}$ .

### Задача 5.2

Рассчитать припуск, назначить операционные размеры и начертить операционный эскиз расточки отверстия  $D$  мм в корпусной детали (рис. 5.2). Исходная заготовка – отливка II класса точности.

План обработки: черновая операция (один переход); чистовая операция (один установ, два перехода). Установочная база: плоскость и два отверстия, перпендикулярных к плоскости. Приспособления с ручным винтовым зажимом. Исходные данные в табл. 5.15.

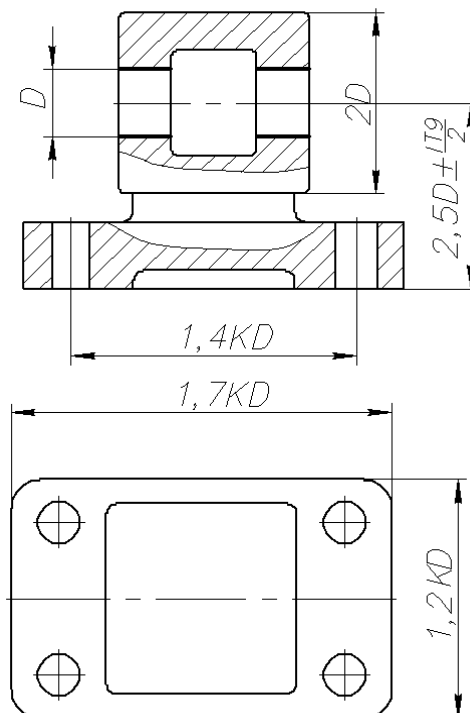


Рис. 5.2

Таблица 5.15

Вариант	$D$ , мм	$K$	Вариант	$D$ , мм	$K$	Вариант	$D$ , мм	$K$
1	30H7	2	8	70H7	2	15	60H7	2,5
2	40H8	2,5	9	100H8	1,5	16	120H7	2
3	60H8	1,5	10	120H8	1,8	17	90H8	2
4	85H6	3	11	50H7	4	18	80H8	2,5
5	130H7	2,5	12	85H8	2	19	40H7	4
6	150H8	2	13	130H8	1,5	20	75H8	3
7	45H6	3	14	150H8	1,5			

### Задача 5.3

Рассчитать припуск на размер  $d$  шейки вала (рис. 5.3), установить соответствующую шероховатость поверхности, предложить план обработки заготовки, вычертить операционные эскизы.

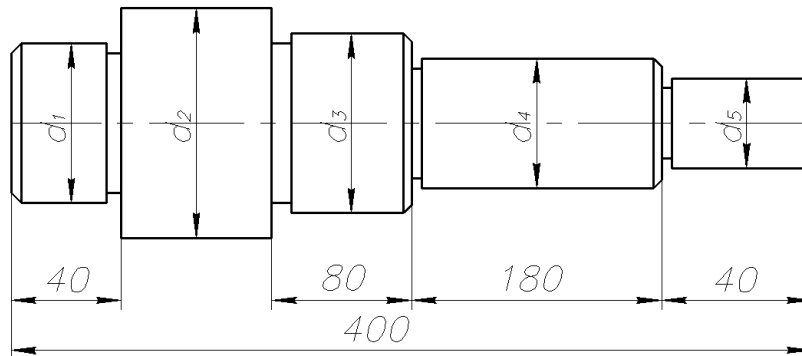


Рис. 5.3

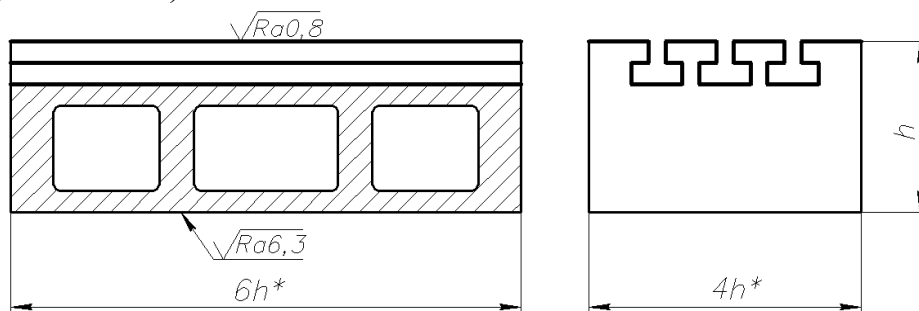
Исходная заготовка: штамповка из стали 45 (при обработке заготовка устанавливается в центрах). Исходные данные – в табл. 5.16.

Таблица 5.16

Вариант	Диаметр, мм	Вариант	Диаметр, мм
1	$d_3=75 \begin{smallmatrix} +0,051 \\ +0,032 \end{smallmatrix}$	7	$d_2=110 \begin{smallmatrix} -0,072 \\ -0,151 \end{smallmatrix}$
2	$d_1=60 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix}$	8	$d_3=70 \begin{smallmatrix} +0,062 \\ +0,043 \end{smallmatrix}$
3	$d_2=100 \begin{smallmatrix} -0,08 \\ -0,125 \end{smallmatrix}$	9	$d_4=45 \begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{smallmatrix}$
4	$d_4=50 \begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,005 \end{smallmatrix}$	10	$d_1=30 \begin{smallmatrix} -0,065 \\ -0,117 \end{smallmatrix}$
5	$d_5=45 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ -0,010 \end{smallmatrix}$	11	$d_1=16 \begin{smallmatrix} +0,023 \\ +0,012 \end{smallmatrix}$
6	$d_1=70 \begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,02 \end{smallmatrix}$	12	$d_5=20 \begin{smallmatrix} -0,033 \end{smallmatrix}$

### Задача 5.4

Рассчитать припуск на обработку плоскости стола. Составить план фрезерной операции (обработки плоскости и пазов стола). Обработку плоскости вести за четыре перехода: черновое, получистовое, чистовое и тонкое фрезерование. Исходная заготовка – отливка II класса точности из серого чугуна СЧ21 (базовая плоскость предварительно обработана) (рис. 5.4, табл. 5.17).



\* Размеры для справок

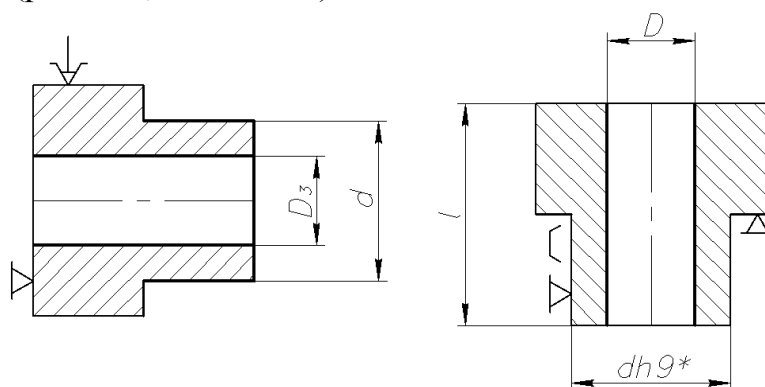
Рис. 5.4

Таблица 5.17

Вар-т	$h$ , мм	Вар-т	$h$ , мм	Вар-т	$h$ , мм	Вар-т	$h$ , мм
1	$80^{+0,05}_{+0,02}$	4	$30^{-0,065}_{-0,098}$	7	$50_{-0,062}$	10	$80_{-0,030}$
2	$90^{+0,045}_{+0,023}$	5	$35^{-0,080}_{-0,119}$	8	$60_{-0,030}$	11	$100_{-0,054}$
3	$75^{-0,06}_{-0,106}$	6	$40_{-0,039}$	9	$70_{-0,046}$	12	$125_{-0,063}$

### Задача 5.5

Назначить припуск на расточку отверстия диаметром  $D$ . Предварительно на токарном станке за один установ сверлится отверстие  $D_3$  и обтачивается шейка втулки  $d$ , принимаемая за базу при расточке отверстия на станке 2431. Исходная заготовка – прокат из стали 45 ( $d=D+20$  мм) (рис. 5.5, табл. 5.18).



\* Размер для справок

Рис. 5.5



Таблица 5.18

Вариант	$D$ , мм	$l$ , мм	Вариант	$D$ , мм	$l$ , мм
1	$20^{+0,061}_{+0,040}$	20	7	$35^{+0,075}_{+0,050}$	60
2	$32^{+0,050}_{+0,025}$	30	8	$45^{+0,105}_{+0,050}$	45
3	$40^{+0,034}_{+0,009}$	40	9	$70^{+0,060}_{+0,030}$	30
4	$50^{+0,025}$	30	10	$60^{+0,090}_{+0,060}$	50
5	$55^{+0,030}$	60	11	$80^{+0,100}_{+0,050}$	40
6	$25^{+0,041}_{+0,020}$	40	12	$40^{+0,060}$	20

### Задача 5.6

На горизонтально-расточном станке 2М615 растачивается отверстие диаметром  $D$  мм в головке шатуна (рис. 5.6). Исходная заготовка получена методом горячей объемной штамповки из стали 45. Рассчитать припуск на обработку. Исходные данные в табл. 5.19.

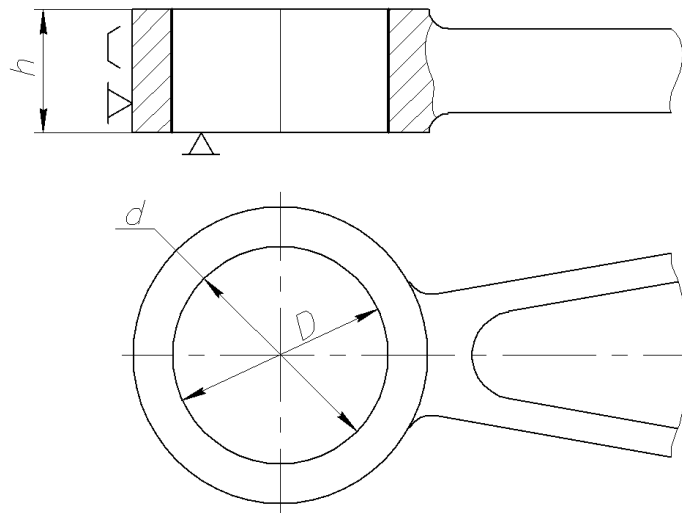


Рис. 5.6

Таблица 5.19

Вариант	$D$ , мм	$d$ , мм	$h$ , мм	Вариант	$D$ , мм	$d$ , мм	$h$ , мм
1	$40^{+0,025}_{+0,009}$	$70^{+1,9}_{-0,9}$	20	6	$45^{+0,007}_{-0,018}$	$60^{+1,9}_{-0,9}$	30
2	$50^{+0,016}$	$80^{+1,9}_{-1,0}$	30	7	$60^{+0,009}_{-0,021}$	$85^{+1,9}_{-1,0}$	40
3	$30^{+0,013}$	$60^{+1,6}_{-0,8}$	25	8	$40_{-0,025}$	$65^{+1,9}_{-1,0}$	35
4	$60^{+0,095}$	$100^{+1,9}_{-1,0}$	40	9	$55_{-0,030}$	$70^{+1,9}_{-1,0}$	40
5	$70^{+0,005}_{-0,024}$	$100^{+1,9}_{-1,0}$	40	10	$70^{+0,014}_{-0,033}$	$100^{+1,9}_{-1,0}$	50

## ГЛАВА VI

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ

Разработка технологических процессов производится на основе общих правил, установленных Р50-93-88. В качестве исходной информации служат рабочий чертеж детали, технические требования, регламентирующие точность, параметры шероховатости, допуск формы и расположения поверхностей и другие требования качества, объем годового выпуска изделий.

Проектирование процесса начинается с анализа технологичности конструкции, количественная оценка которой производится по ГОСТ 14202–73, затем выбирают заготовку (исходя из минимальной себестоимости готовой детали для заданного объема годового выпуска [4]). Разработку технологического процесса механической обработки рекомендуется вести в следующей последовательности: проанализировать объект производства (технологичность конструкции детали, технические требования и т. д.), рассчитать такт выпуска продукции, выбрать исходную заготовку (ее размеры, способ изготовления и т. д.), проанализировать возможные способы формообразования отдельных поверхностей, выбрать технологические базы, разработать последовательность обработки поверхностей заготовки (технологический маршрут), выбрать оборудование и разработать планы выполнения отдельных операций.

План операции включает решение вопроса: за сколько установов может быть обработана заготовка, сколько и каких переходов будет включать операция. Разрабатывается схема установки и крепления заготовки (анализируется возможность и целесообразность многоместной и многоинструментальной обработки).

При проектировании операции подбирается технологическая оснастка, рассчитываются припуски на обработку и промежуточные размеры заготовки, назначаются режимы резания и вычисляется норма времени.

Маршрутную технологию разрабатывают, выбирая технологические базы и схемы базирования для всего технологического процесса и черновой базы на первой операции.

При выборе технологических баз и схем базирования руководствуются основными принципами базирования [7,8] и теории размерных цепей [19, 20], исходя из взаимного расположения поверхностей.

Устанавливают маршрут обработки отдельной поверхности, исходя из требования рабочего чертежа и принятой заготовки. По заданному качеству точности и шероховатости поверхности с учетом размера, массы

и формы детали выбирают возможные методы окончательной обработки [21 ] (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Параметр шероховатости поверхности и качества  
при различных видах обработки деталей

Вид обработки	Ra, мкм	Квалитет
Отрезка:		
приводной пилой	50 – 25*(12,5)	17 – 15
резцом	100 – 25*	17 – 14
фрезой	50 – 25*	17 – 14
абразивом	6,3*-3,2	15 – 12
Строгание:		
черновое	25 – 12,5*	14 – 12
чистовое	6,3 – 3,2*	13 – 11; 10**
тонкое	1,6 – (0,80)	10 – 8; 7**
Долбление:		
черновое	50 – 25	15;14
чистовое	12,5 – 3,2*	13;12
Фрезерование цилиндрической фрезой:		
черновое	50 – 25	14 – 12; 11**
чистовое	6,3 – 3,2*	11; 10**
тонкое	1,6 – 0,80	9-8; 7**
Фрезерование торцовой фрезой:		
черновое		
чистовое	12,5 – 6,3	14 – 12;11**
тонкое	6,3 – 3,2*(1,6) 1,6 – (0,80)	11;10** 9-8;7**
Фрезерование концевой фрезой:		
черновое	25 – 6,3	14 – 12
чистовое	16,3 – 1,6	11

Продолжение табл. 6.1

Вид обработки	Ra, мкм	Квалитет
Обтачивание при продольной подаче:		
обдирочное	100 – 25	17 – 15
получистовое	12,5 – 6,3	14 – 12
чистовое	3,2 – 1,6*(0,80)	9 – 7
тонкое (алмазное)	0,80 – 0,40*(0,20)	6
Обтачивание при поперечной подаче:		
обдирочное	100 – 25	16 – 17
получистовое	12,5 – 6,3	15 – 14
чистовое	3,2*	13 – 11
тонкое	1,6 – (0,80)	11 – 8
Сверление св. 15 мм:		
без кондуктора	25* – 12,5	14 – 12
по кондуктору	–	11
Зенкерование:		
черновое	25 – 12,5	15 – 12
чистовое	6,3 – 3,2*	11 – 10
Растачивание:		
черновое	100 – 50	17 – 15
получистовое	25 – 12,5	14 – 12
чистовое	3,2 – 1,6*(0,80)	9 – 8
тонкое (алмазное)	0,80 – 0,40*(0,20)	7
Развертывание:		
получистовое	12,5 – 6,3*	10 – 9; 8**
чистовое	3,2 – 1,6*	7 – 8; 8**
тонкое	0,80 – (0,40)	7 – 6**
Протягивание:		
получистовое	6,3	9 – 8
чистовое	3,2 – 0,80*	8 – 7
отделочное	0,40 – (0,20)	7

Продолжение табл. 6.1

Вид обработки	Ra, мкм	Квалитет
Зенкование под углом	6,3 – 3,2	–
Шабрение:		
грубое	6,3 – 1,6	11
тонкое	0,80 – (0,10)	9 – 8
Опиловка	25 – (1,6)	11 – 8
Зачистка шлифовальной лентой (после резца и фрезы)	1,6 – (0,20)	11 – 8
Шлифование круглое:		
получистовое	6,3 – 3,2	11 – 8
чистовое	1,6 – 0,80*	8 – 6
тонкое	0,40 – 0,20* (0,10)	5
Шлифование плоское:		
получистовое	3,2	11 – 8
чистовое	1,6 – 0,80*	8 – 6
тонкое	0,40 – 0,20*(0,050)	7 – 6
Прошивка:		
чистовая	1,6 – 0,40	9 – 7
тонкая	1,6(0,050)	7 – 6
Калибрование отверстий шариком или оправкой:		
после сверления	1,6 – 0,40	9 – 8
после растачивания	1,0 – 0,40	7
после развертывания	1,6 – 0,050	7
Обкатывание и раскатывание роликами или шариками при исходном значении Ra = 12,5 – 3,2 мкм	1,6 – 0,40	9 – 6
Наклепывание шариками при исходном Ra=3,2 – 0,8	0,80 – 0,20	–
Развальцовка:		
чистовая	1,6 – 0,40	7
тонкая	0,20 – 0,10	6

Окончание табл. 6.1

Вид обработки	Ra, мкм	Квалитет
Притирка:		
чистовая	3,2 – 0,40	7 – 6
тонкая	1,6 – 0,10	5
Полирование:		
обычное	1,6 – 0,20	6
тонкое	0,10 – (0,050)	5
Доводка:		
грубая	0,40*	7 – 6
средняя	0,20* – 0,10	6 – 5
тонкая	0,050*	5
Отделочная (зеркальная)	0,025 – 0,012(0,008)	–
Хонингование:		
плоскостей	0,40* – 0,10	8 – 7
цилиндров	0,20 – (0,050)	7 – 6
Суперфиниширование:		
плоскостей	0,40–0,20* (0,050)	5 и выше
цилиндров	0,40–0,10*(0,050)	5 и выше

## Примечания:

1. Значения Ra приведены для стали; для чугуна, алюминия и алюминиевых сплавов следует брать меньшие значения параметра; для сплавов на медной основе при слесарной обработке (опиловка, шабрение), шлифовании и доводочных работах (притирка, полирование, хонингование) – брать любые из указанных интервалов, при остальных видах обработки – большие значения.
2. В круглых скобках указаны предельно достижимые значения параметра шероховатости и качества.
3. Средние значения параметра шероховатости для данного вида обработки отмечены одной звездочкой (\*).
4. Качества для чугуна отмечены двумя звездочками (\*\*).

Рекомендуемые методы приводятся в справочной литературе [21]. При этом следует учитывать, что каждый метод обработки эффективен при определенной величине припуска и допуска на припуск (зависящий от точности предыдущей обработки).

В тех случаях, когда точность заготовки не обеспечивает оптимального припуска для получения заданной точности сразу окончательно по выбранному методу обработки, назначается предшествующий метод, и так до получения заготовки. Базируясь на завершающем и первом методах обработки, устанавливают промежуточные методы. При этом исходят из того, что каждому методу окончательной обработки предшествует один или несколько возможных предварительных (возможно менее точных) методов. Каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего. Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученное на предыдущем этапе обработки, должны находиться в пределах, при которых можно использовать намеченный последующий метод обработки.

Составление маршрута обработки заготовки. Его цель – дать общий план обработки заготовки, наметить содержание операций технологического процесса и выбрать тип оборудования. При установлении общей последовательности обработки сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы. Затем обрабатывают поверхности в последовательности, обратной степени их точности. Последней обрабатывать ту поверхность, которая является наиболее точной. В производстве точных машин маршрут обработки делят на стадии: черновую, чистовую и отделочную. На первой снимают основную массу металла в виде припусков, вторая имеет промежуточное значение, на последней обеспечивается заданная точность и шероховатость поверхности. При разработке технологического маршрута используются эвристические правила. Рекомендуется первоначально обрабатывать основную несущую часть. Например, в деталях типа тел вращения обрабатывать основную (несущую) часть поверхности, представляющей поверхность вращения, соосные с осью детали, затем поверхности особенностей (резьб, канавок) и так называемых невидовых поверхностей (нецентральных отверстий, пазов, зубчатых венцов и др.). В некруглых деталях первоначально обрабатывать плоскости, затем отверстия. Предусматривать доступность места обработки, например, фрезерование до сверления, проточка канавки до зубодолбления внутренних зубьев, сверление отверстия для ввода концевой фрезы фрезерования замкнутого контура и т. д.

Последовательность обработки зависит также от системы простановки размеров. В первую очередь следует обрабатывать ту поверхность, относительно которой на чертеже координировано большее число других поверхностей.

Приступая к решению задачи оформления чертежа, студент должен прежде всего представить служебное назначение детали, которую он должен спроектировать. (В задачах предлагаются детали, встречающиеся в общем машиностроении).

Предложив служебное назначение детали, выявляются ее основные поверхности: исполнительные, основные и вспомогательные конструкторские базы, и формулируются требования к этим поверхностям. После этого продумываются особенности вспомогательных поверхностей, необходимых для предполагаемого использования детали: фасок, выточек, канавок и т. д.

Соединительные поверхности проектируются произвольно, следуя общим указаниям предложенного эскиза.

При проектировании детали используются общие указания по форме отдельных поверхностей, рекомендованные в литературе [1]. Окончательно чертеж детали оформляется с соблюдением всех норм ЕСКД.

При выполнении задания технологический маршрут (последовательность обработки поверхностей заготовки) проектируется, исходя из условий серийного производства.

Так как обработка не нормируется и не задается объем выпуска продукции, не представляется возможным спроектировать оптимальные операции, поэтому условно проектируются операции, включающие один установ. Черновая и чистовая обработка наиболее ответственных поверхностей планируется к выполнению на разных операциях (хотя по загрузке оборудования она могла бы быть реализована в течение одной операции).

### Задача 6.1

На основании заданного эскиза (рис. 6.1, а) спроектировать рабочий чертеж детали, разработать технологический маршрут обработки ее поверхностей, подобрать оборудование и вычертить теоретические схемы базирования для каждой операции (если на двух операциях может быть использована одна и та же схема базирования, то она вычерчивается только для первой операции). Исходная заготовка - штамповка из стали 45.

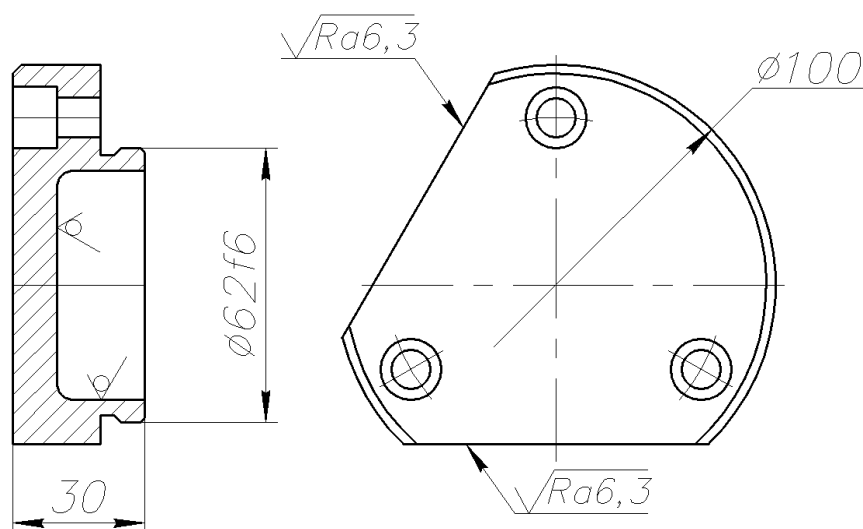


Рис. 6.1, а



### *Решение.*

На основании заданного эскиза, можно предположить следующее служебное назначение детали: крышка, расположенная скосами определенным образом относительно точного отверстия  $\varnothing 62$  мм.

Показанная на эскизе канавка позволяет предположить необходимость соблюдения перпендикулярности торца относительно оси шейки вала  $\varnothing 62$  ф6. Можно предположить, что торцевая плоскость поверхности  $\varnothing 62$  является исполнительной поверхностью, ограничивая в машине положение кольца подшипника в корпусе.

Можно считать, что основными конструкторскими базами являются цилиндрическая поверхность  $\varnothing 62$ , плоскость фланца и один из скосов. Второй скос является вспомогательной конструкторской базой. (Может быть и вариант решения: за основную конструкторскую базу принимается одно из трех отверстий, но тогда это отверстие не имело бы зенковки под головку болта).

Спроектированная деталь показана на рис. 6.1, б.

Технологический маршрут разрабатывается на основании общих рекомендаций [7, 8, 18, 23].

На первой операции технологического процесса рекомендуется обработать поверхности, которые в дальнейшем могут быть использованы в качестве установочных баз на большинстве операций (рис. 6.1 в).

Таковыми поверхностями являются поверхности 2, 7, которые и обрабатываются на токарном станке.

За базу на первой операции принимаются поверхности 3, 4, причем основной базовой поверхностью может быть плоскость 4, которая формируется в одной половинке штампа и не имеет облоя.

Поверхность 2 обрабатывается с достаточно высокой точностью. Так как деталь имеет низкую твердость, окончательная обработка поверхности 2 может быть осуществлена лезвийным инструментом, что сократит число единиц необходимого оборудования. Окончательную обработку этой поверхности следует произвести в конце технологического маршрута.

Операции сверления отверстий и фрезерования лысок можно произвести в любой последовательности.

Принято решение сначала на станке с ЧПУ произвести обработку системы отверстий 5, затем фрезеровать поверхности 10, приняв за базу поверхности 2, 5, 7.

На последней операции технологического маршрута на станке с ЧПУ осуществляется чистовая обработка исполнительной поверхности 1 и основных конструкторских баз поверхностей 2 и 7 и ряда вспомогательных поверхностей: 8, 9.

Разработанный технологический маршрут представлен в табл. 6.2.

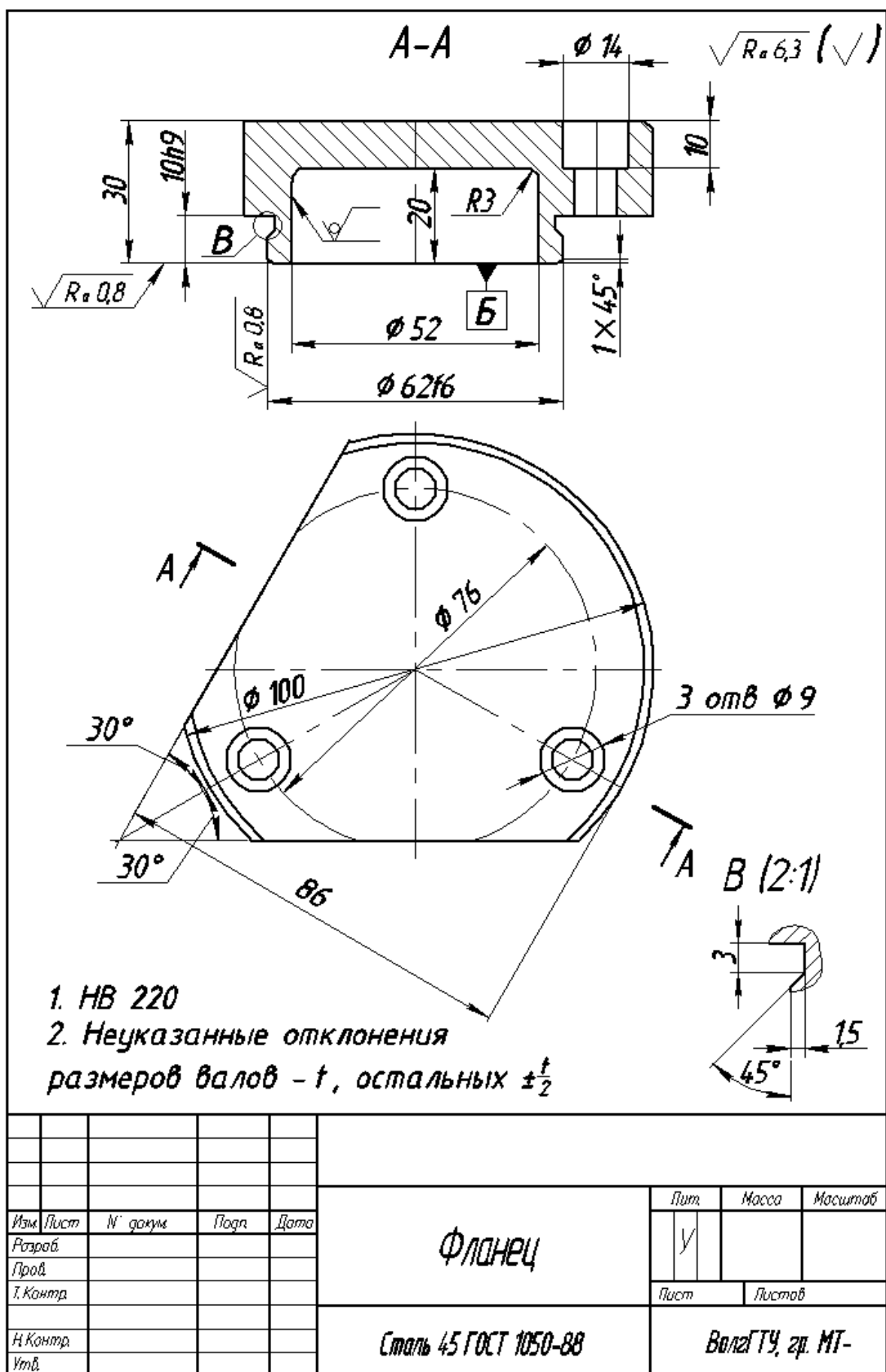
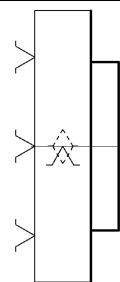
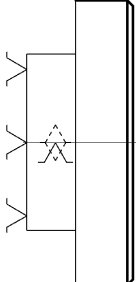
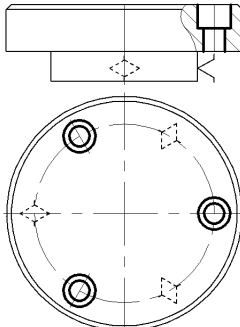
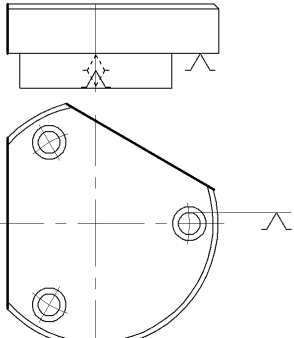
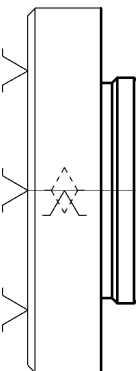


Рис. 6.1, б

Остальные задачи главы выполнены по условию, изложенному выше.

Таблица 6.2

## Маршрутная технология (решение задачи 3.1)

Номер операции	Содержание операции	Теоретическая схема базирования	Оборудование
005 токарная черновая	Черновая обточка 1,2,7. Базы 3,4.		Станок 16К20
010 токарная	Черновая и чистовая обточка 3,4,6. Базы 1,2.		Станок 16К20
015 сверлильная	Сверление и зенкерование системы отверстий 5. Базы 2,7.		Станок 2Р135Ф2-1
020 фрезерная	Черновое и чистовое фрезерование двух лысок 10. Базы 2,5,7.		Станок 6Р82Г
025 чистовая токарная	Чистовая обточка 2, чистовая подрезка торцов 1,7, обработка канавки 8, снятие фаски 9, тонкая обточка 2. Базы 3,4.		Станок 16К20Ф3

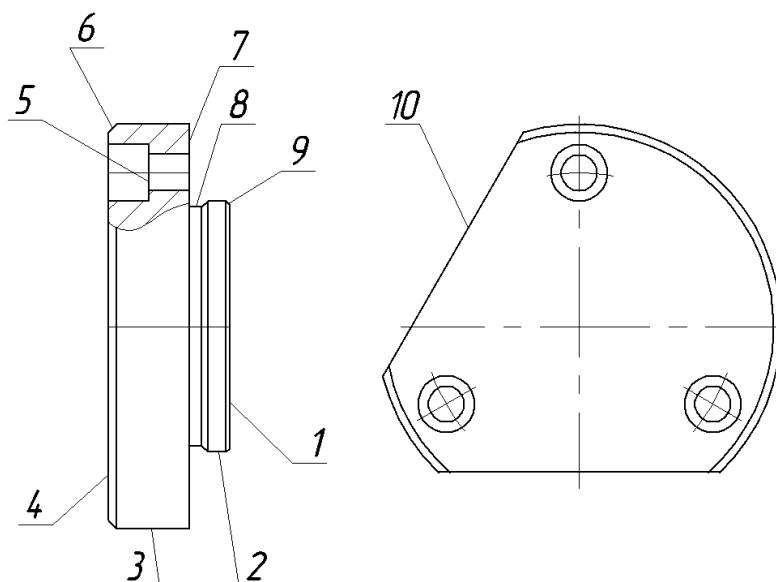


Рис. 6.1, в

### Задачи 6.2 – 6.33

На основании заданного эскиза спроектировать рабочий чертеж детали, разработать технологический маршрут обработки ее поверхностей, подобрать оборудование и вычертить теоретические схемы базирования для каждой операции (если на двух операциях может быть использована одна и та же схема базирования, то она вычерчивается только для первой операции). Исходные данные – в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Исходные данные к задачам 6.2 – 6.33

Задача	Рисунок	Задача	Рисунок	Задача	Рисунок
6.2	6.2	6.13	6.13	6.24	6.24
6.3	6.3	6.14	6.14	6.25	6.25
6.4	6.4	6.15	6.15	6.26	6.26
6.5	6.5	6.16	6.16	6.27	6.27
6.6	6.6	6.17	6.17	6.28	6.28
6.7	6.7	6.18	6.18	6.29	6.29
6.8	6.8	6.19	6.19	6.30	6.30
6.9	6.9	6.20	6.20	6.31	6.31
6.10	6.10	6.21	6.21	6.32	6.32
6.11	6.11	6.22	6.22	6.33	6.33
6.12	6.12	6.23	6.23	–	–

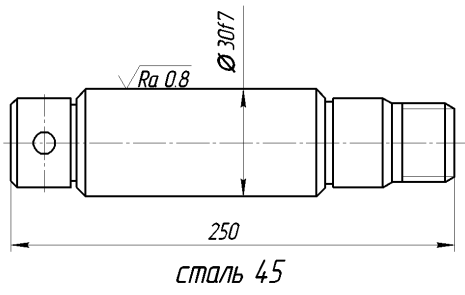


Рис. 6.2

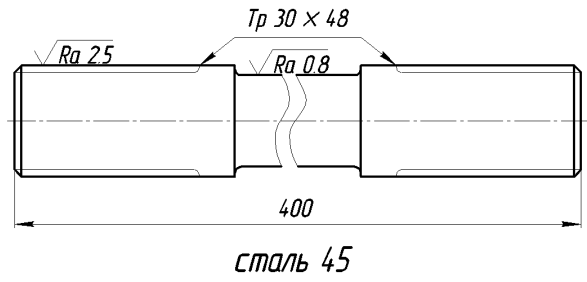


Рис. 6.3

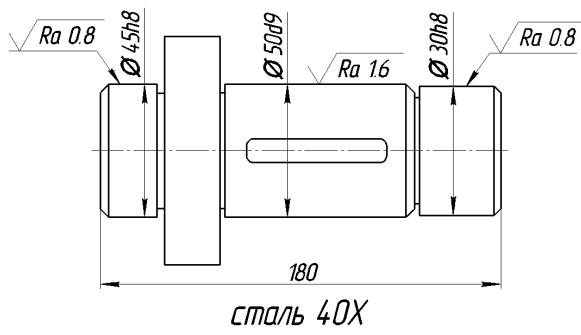


Рис. 6.4

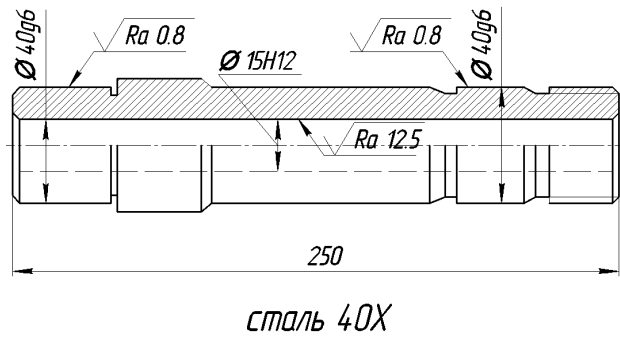


Рис. 6.5

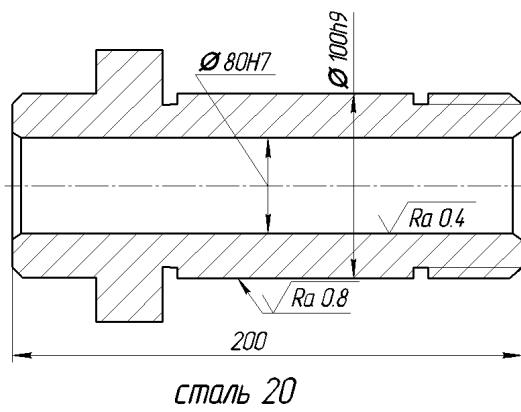


Рис. 6.6

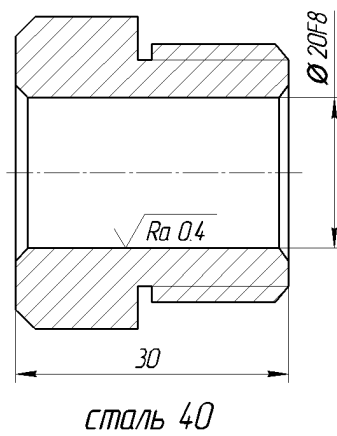


Рис. 6.7

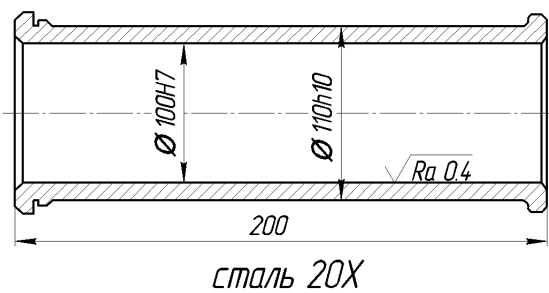


Рис. 6.8

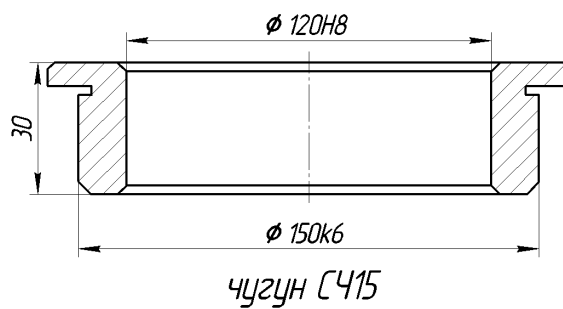


Рис. 6.9

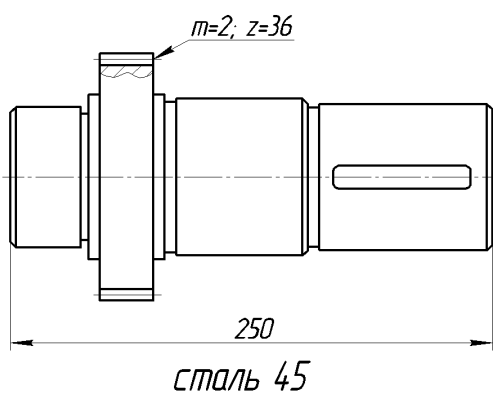


Рис. 6.10

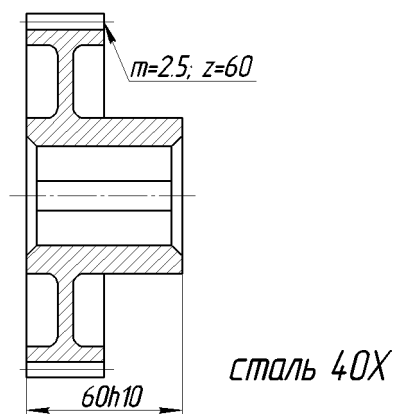


Рис. 6.11

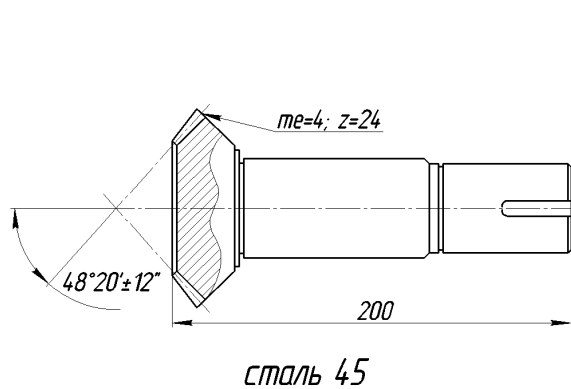


Рис. 6.12

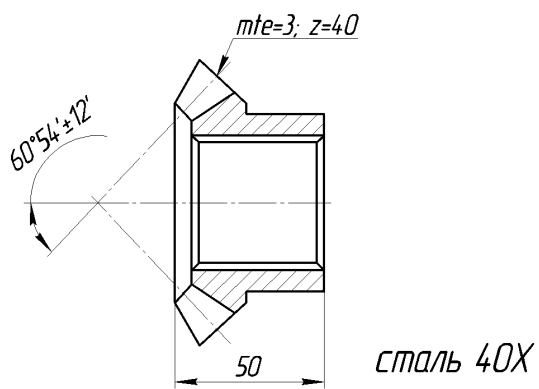
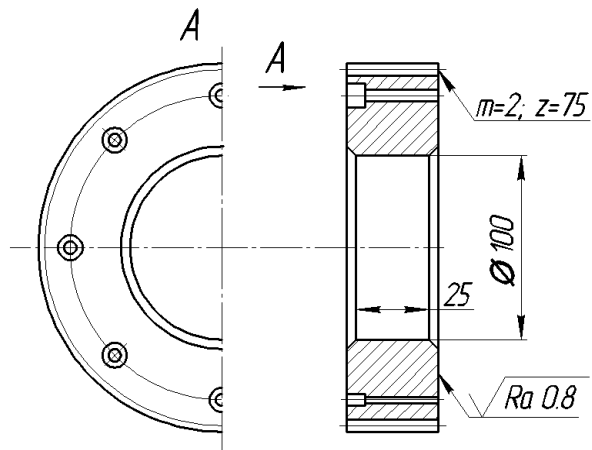
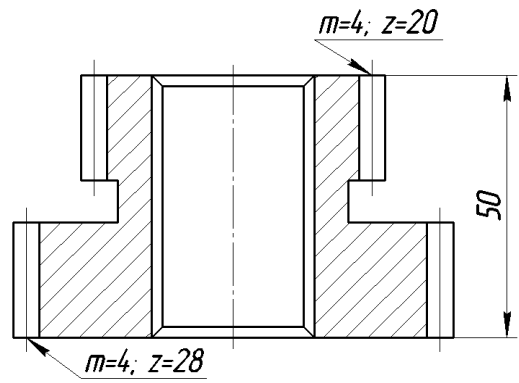


Рис. 6.13



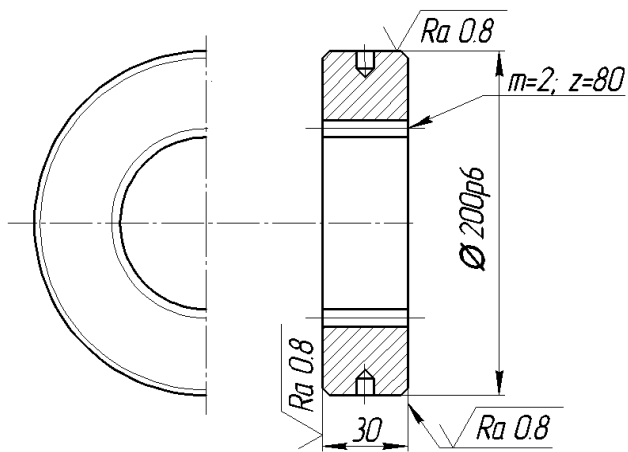
сталь 45

Рис. 6.14



сталь 45

Рис. 6.15



сталь 40X

Рис. 6.16

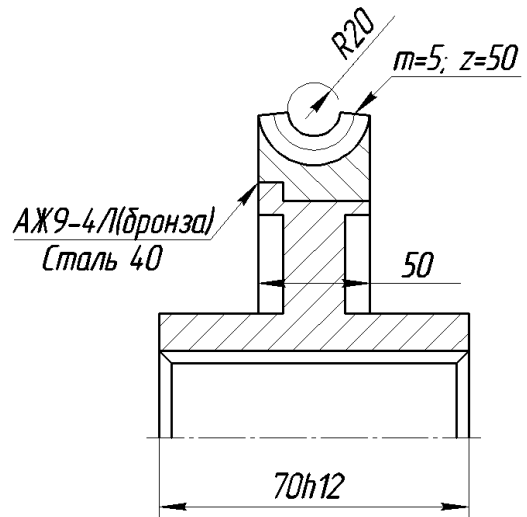
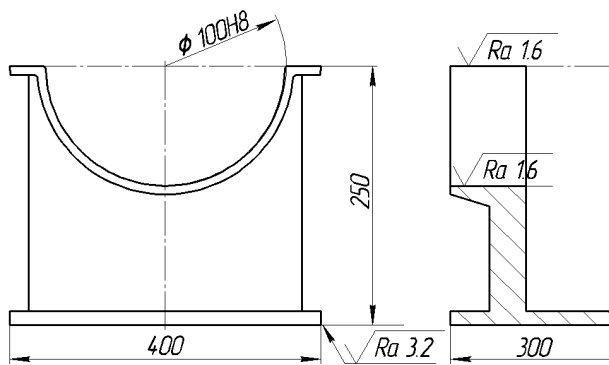
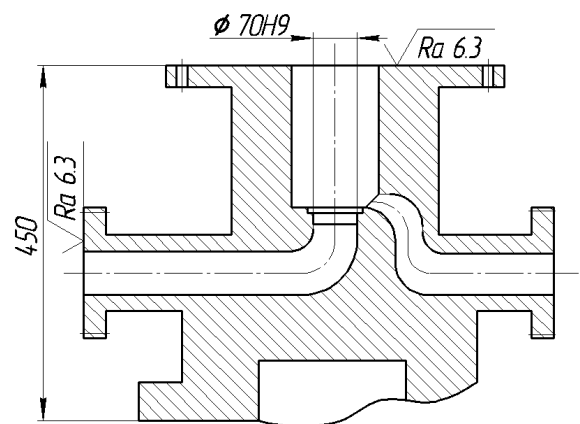


Рис. 6.17



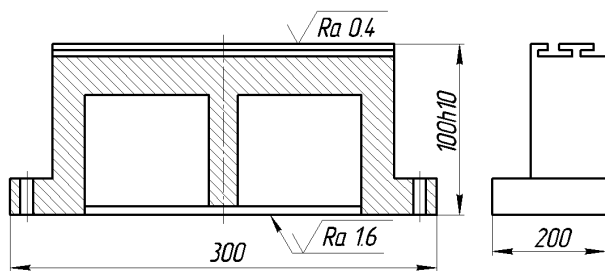
чугун СЧ21

Рис. 6.18



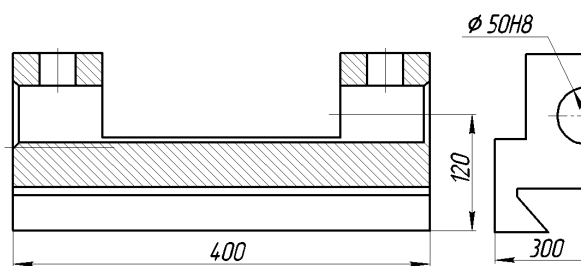
чугун СЧ15

Рис. 6.19



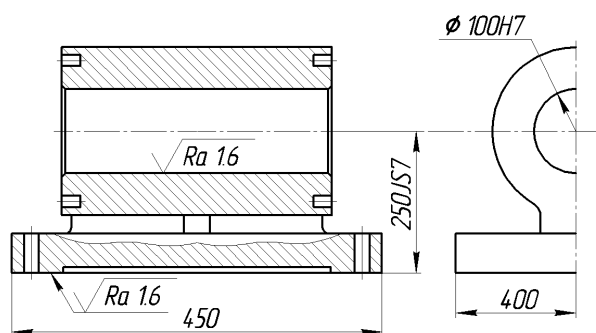
чугун СЧ21

Рис. 6.20



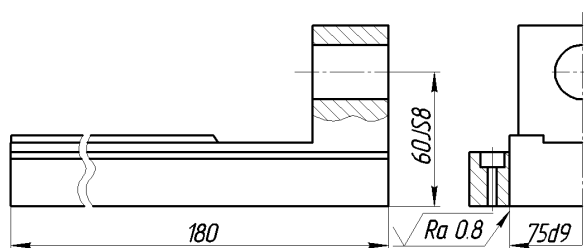
чугун КЧ17

Рис. 6.21



чугун СЧ15

Рис. 6.22



чугун СЧ21

Рис. 6.23

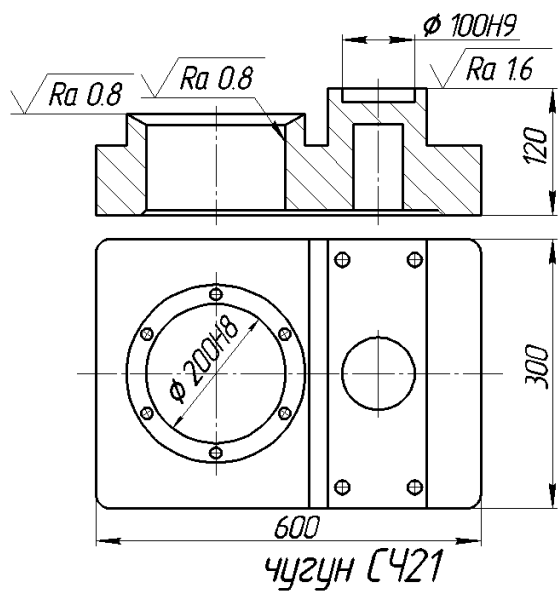


Рис. 6.24

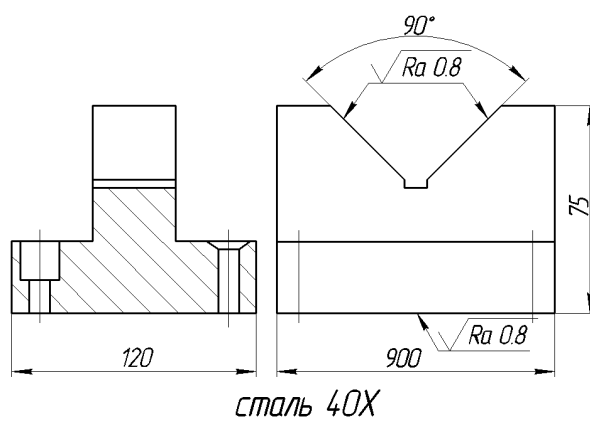
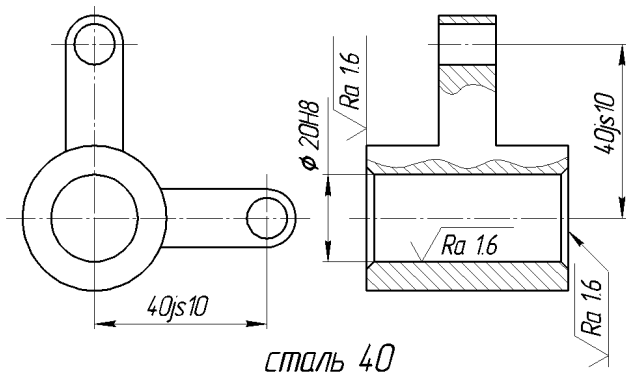


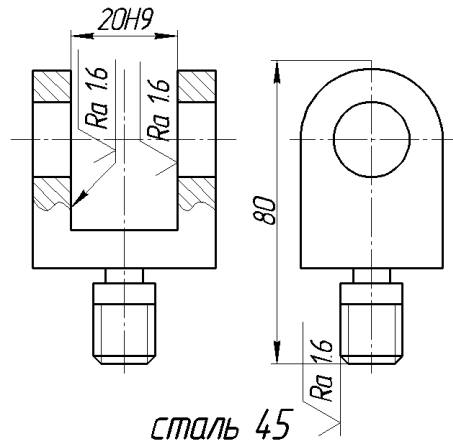
Рис. 6.25





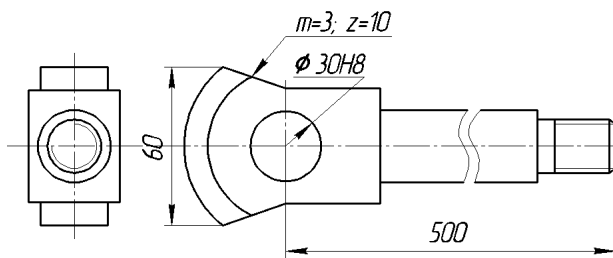
сталь 40

Рис. 6.26



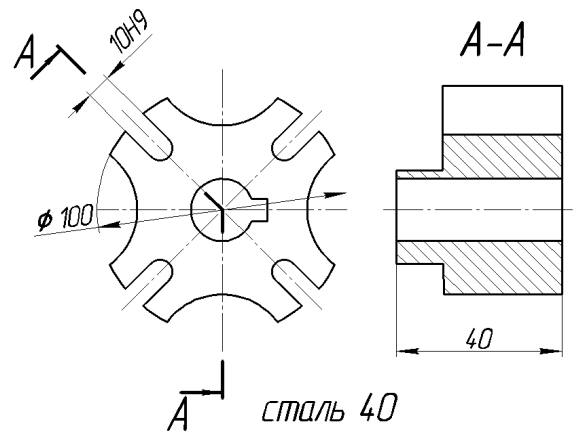
сталь 45

Рис. 6.27



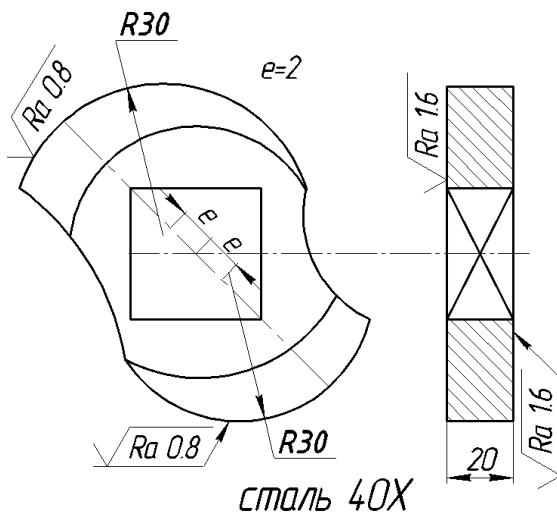
сталь 45

Рис. 6.28



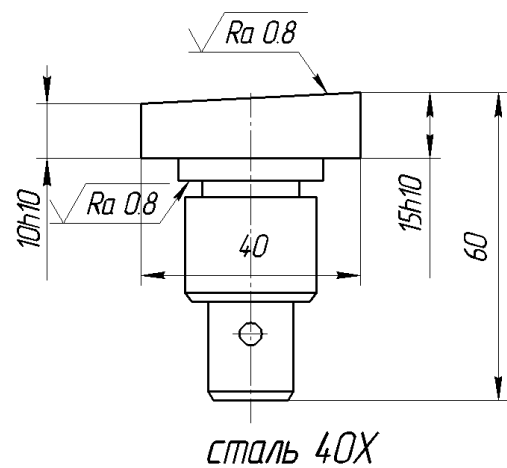
сталь 40

Рис. 6.29



сталь 40X

Рис. 6.30



сталь 40X

Рис. 6.31

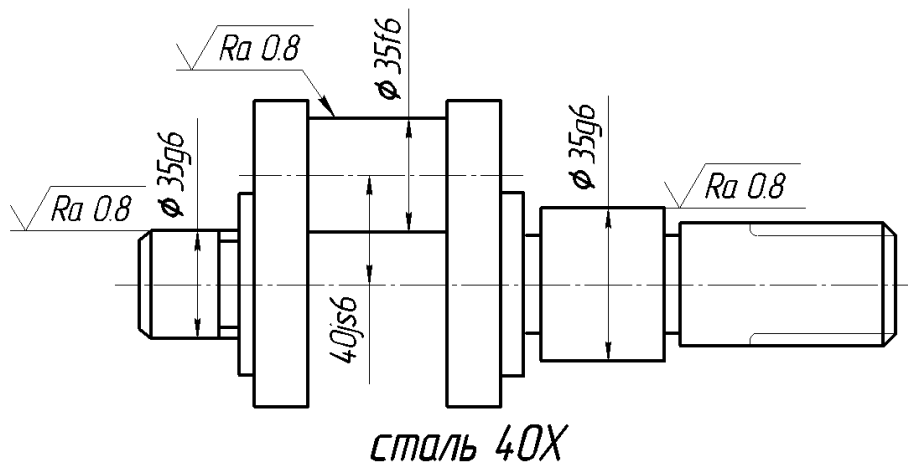


Рис. 6.32

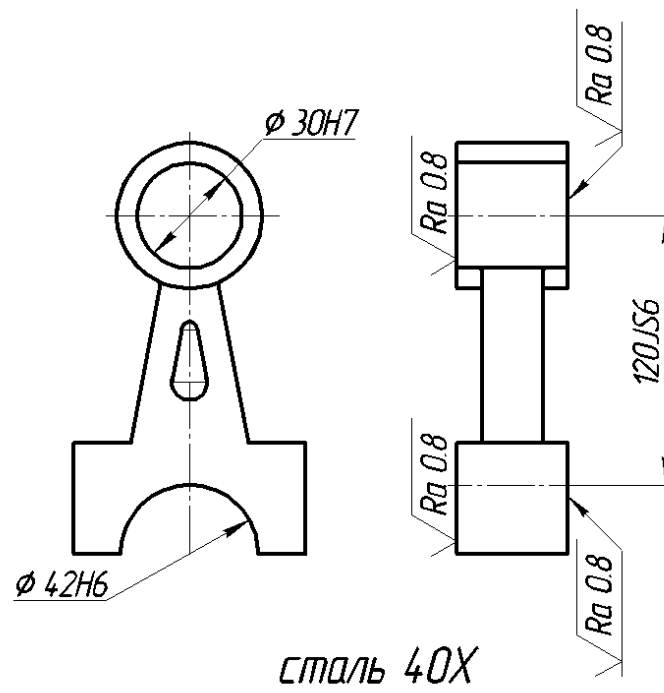


Рис. 6.33

## ГЛАВА VII

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Операционную технологию разрабатывают с учетом места каждой операции в маршрутной технологии. Для проектирования отдельной операции необходимо знать маршрут обработки заготовки, схему ее базирования и закрепления, какие поверхности и с какой точностью нужно обрабатывать, какие поверхности и с какой точностью были обработаны на предшествующих операциях, припуск на обработку. При проектировании операции уточняют ее содержание (намеченное ранее при разработке маршрута), устанавливают последовательность и возможность совмещения переходов во времени, окончательно выбирают оборудование, инструменты и технологическую оснастку (или дают задание на их проектирование), назначают режимы резания, определяют норму времени и сопоставляют ее с тактом работы (в поточном производстве), устанавливают паспортные размеры и составляют схему наладки. При расчетах точности и проверки производительности может возникнуть необходимость в некоторых изменениях маршрутной технологии, выбора оборудования, содержания операции или условий ее выполнения.

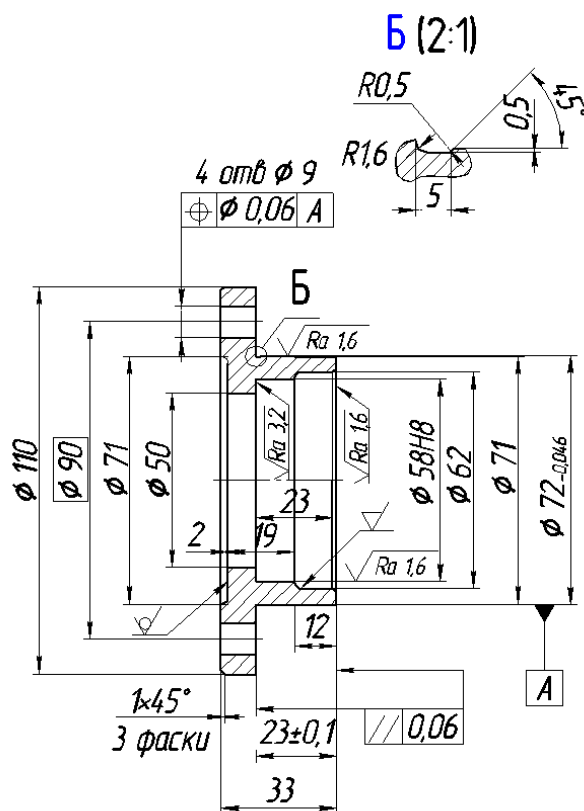
Проектирование операции — задача многовариантная; варианты оцениваются по производительности и себестоимости, руководствуясь технико-экономическими принципами проектирования.

При выполнении задания необходимо выбрать технологическую оснастку, режущий и измерительный инструмент, рассчитать режимы резания, норму штучного времени, оформить операционный эскиз (ГОСТ 3.1105–84) и операционную карту (ГОСТ 3.1404–86).

Недостающие исходные данные (оборудование, схема базирования, ранее обработанные поверхности) задаются студентом.

#### Задача 7.1

Спроектировать операцию сверления 4 отверстий  $\varnothing 9$  мм в крышке подшипника (рис. 7.1) на радиально-сверлильном станке 2М55.



1. Формовочные уклоны  $\approx 3^\circ$
2. Неуказанные радиусы 2 мм там
3. Неуказанные предельные отклонения размеров поверхностей  $\nabla$  отверстий  $+t$ , валов  $-t$ , остальных  $\pm t$  среднего класса точности; поверхности  $\nabla \pm t/2$  грубого класса точности

Рис. 7.1

### Решение

Деталь устанавливаем в скальчатом кондукторе. Базирование осуществляется по наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 72_{-0,046}$  и уступу.

Операционный эскиз показан на рис. 7.2. Сверление производится спиральным сверлом 2301–3384 ГОСТ 12121–77 [9, с. 273] с коническим хвостовиком. Диаметр сверла  $d = 9$  мм, материал режущей части Р6М5.

Вспомогательный инструмент – втулка 6100–022 ГОСТ 13598–85 [9, с. 329] для крепления инструмента с коническим хвостовиком.

Контроль диаметра отверстия и позиционных отклонений осуществляется комплексным калибром.

Расчет режимов резания. Обрабатываемый материал – серый чугун, HB = 190...227. Глубина резания  $t = d/2 = 9/2 = 4,5$  мм. Табличное значение подачи  $s_{\text{табл}} = 0,24...0,31$  мм/об [22, с. 277, табл. 25].

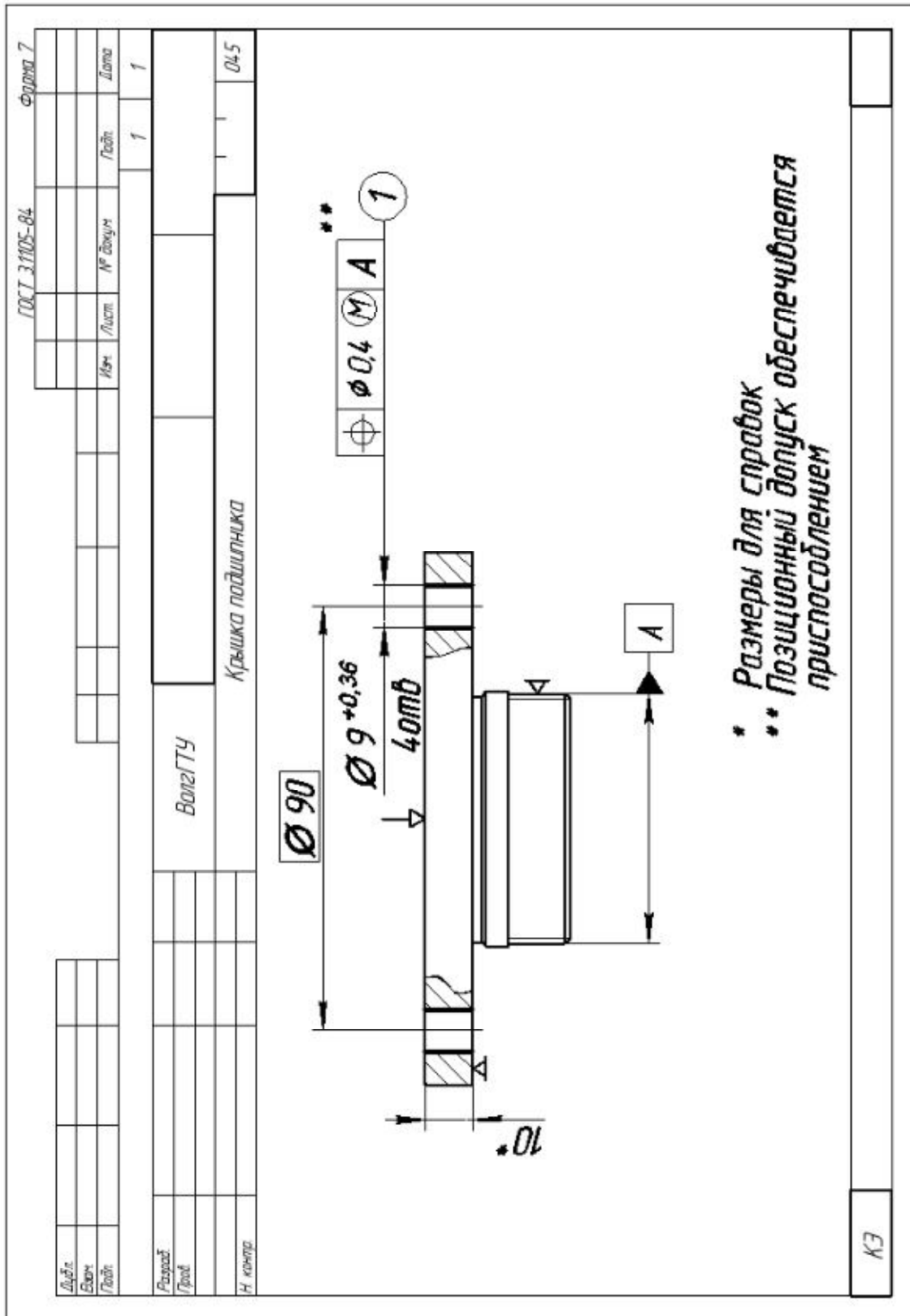


Рис. 7.2

Корректируем подачу по паспортным данным станка 2М55 [226, с. 21]  $s = 0,24$  мм/об.

Расчетное значение скорости резания

$$v = \frac{C_v d^q}{T^m s^y} K_{M_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{l_v} [22, \text{ с. 276}]$$

Значения коэффициентов и показателей степени [22, стр. 279, табл. 29]:  $C_v = 14,7$ ;  $q = 0,25$ ;  $y = 0,55$ ;  $m = 0,125$ .

Период стойкости сверла  $T = 35$  мин [22, с. 280, табл. 30].

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

$$K_{M_v} = \left(\frac{190}{\text{НВ}}\right)^{1,3} = \left(\frac{190}{227}\right)^{1,3} = 0,8 [22, \text{ с. 261–262}]$$

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания,  $K_{u_v} = 1,0$  [22, с. 263, табл. 6].

Поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия,  $K_{l_v} = 1,0$  [22, с. 280, табл. 31]

$$v_{\text{рас}} = \frac{14,7 \cdot 9^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,24^{0,55}} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 28,6 \text{ м/мин.}$$

Расчетное число оборотов шпинделя:

$$n_{\text{рас}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{рас}}}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 28,6}{3,14 \cdot 9} = 1020 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем число оборотов шпинделя по паспортным данным станка  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

Действительное значение скорости резания

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 1000}{1000} = 28,3 \text{ м/мин.}$$

Расчет нормы штучного времени

$$T_{\text{шт}} = (t_0 + t_B) \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отл}}}{100}\right), \text{ мин,}$$

где  $t_0$  – основное технологическое время, мин;

$t_B$  – вспомогательное время, мин;

$a_{\text{обс}}$  – время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени;

$a_{\text{отл}}$  – время на отдых и личные потребности в процентах от оперативного времени.

Так как отверстия обрабатываются последовательно,  $t_0 = 4t_{0_1}$ , где  $t_{0_1}$  – основное время обработки одного отверстия, мин.

$$t_{0_1} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} = \frac{10 + 5}{1000 \cdot 0,24} = 0,063, \text{ мин,}$$

где  $l = 10$  мм – длина обрабатываемого отверстия;  $l_1 + l_2 = 5$  мм – длина врезания и перебега сверла [15, с. 131]

$$t_B + t_{\text{ВУ}} + t_{\text{ВП}} + t_{\text{ВК}},$$

где  $t_{\text{ВУ}} = 0,13$  мин – вспомогательное время на установку и снятие детали [15, с. 92, карта 33];

$t_{\text{ВП}} = 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 = 0,43$  мин – вспомогательное время, связанное с переходом [15, с. 95–97, карта 34, 35];

$t_{\text{ВК}} = 0,2$  мин – вспомогательное время на контрольные измерения [15, с. 100, карта 36];

$t_B = 0,13 + 0,43 + 0,2 = 0,76$  мин;

$a_{\text{обс}} = 3,5\%$  [15, с. 86, карта 32];

$a_{\text{отл}} = 4\%$  [15, с. 85, карта 31];

$$T_{\text{шт}} = (4 \cdot 0,063 + 0,76) \cdot \left(1 + \frac{3,5 + 4}{100}\right) = 1,09 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время

$$T_{\text{пз}} = 10 + 7 + 3 = 20 \text{ мин [15, с. 86, карта 32].}$$

Операционная карта для данной операции показана на рис. 7.3.

### Задача 7.2

Спроектировать операцию чистового обтачивания наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 72_{-0,046}$  крышки подшипника (рис. 7.1). Припуск на диаметр 0,4 мм.

### Задача 7.3

Спроектировать операцию чистового растачивания отверстия  $\varnothing 72\text{H}8$  крышки подшипника (рис. 7.1). Припуск на диаметр 0,8 мм.

### Задача 7.4

Спроектировать операцию подрезки торца и уступа ( $Ra = 1,6$  мкм) крышки подшипника (рис. 7.1). Припуск на сторону 0,4 мм.

### Задача 7.5

Спроектировать операцию фрезерования прямобоочных шлицев  $D - 6 \times 23 \times 28n6 \times 6f7$  вала (рис. 7.4).





### Задача 7.6

Спроектировать операцию чистовой токарной обработки наружных цилиндрических поверхностей 1,2 вала (рис. 7.4) на токарно-гидрокопировальном полуавтомате до размеров  $\varnothing 28,6h9$  и  $\varnothing 30,6h9$  соответственно. Припуск на диаметр 0,5 мм.

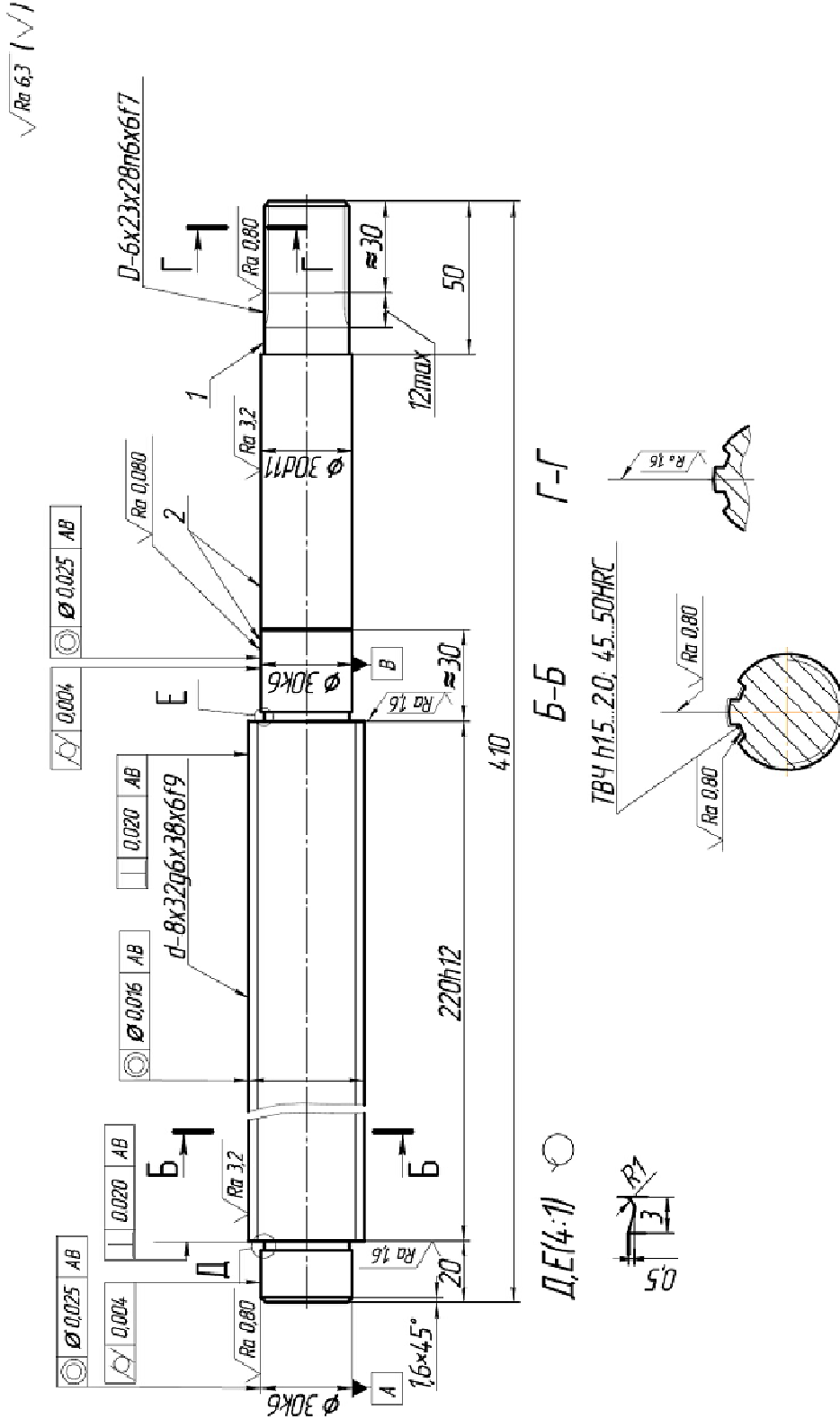


Рис. 7.4

#### Задача 7.7

Спроектировать операцию окончательного шлифования наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 30k6$  вала (рис. 7.4). Припуск 0,08 мм на диаметр.

#### Задача 7.8

Спроектировать операцию черновой токарной обработки наружной цилиндрической поверхности шлицев  $D-8 \times 32g6 \times 38 \times 6f9$  вала (рис. 7.4) до размера  $\varnothing 38,5h12$ . Припуск на диаметр 2,5 мм.

#### Задача 7.9

Спроектировать операцию фрезерования шпоночного паза 10P9 для червяка (рис. 7.5).

#### Задача 7.10

Спроектировать фрезерно-центровальную операцию для обработки червяка (рис. 7.5). Припуск на сторону при фрезеровании торцев 3 мм.

#### Задача 7.11

Спроектировать операцию обработки витков червяка (рис. 7.5).

#### Задача 7.12

Спроектировать операцию черновой токарной обработки наружных цилиндрических поверхностей 1, 2, 3 червяка (рис. 7.5) до размеров  $\varnothing 33h11$ ,  $\varnothing 36h11$ ,  $\varnothing 42h14$ , соответственно. Припуск на диаметр 3 мм.

#### Задача 7.13

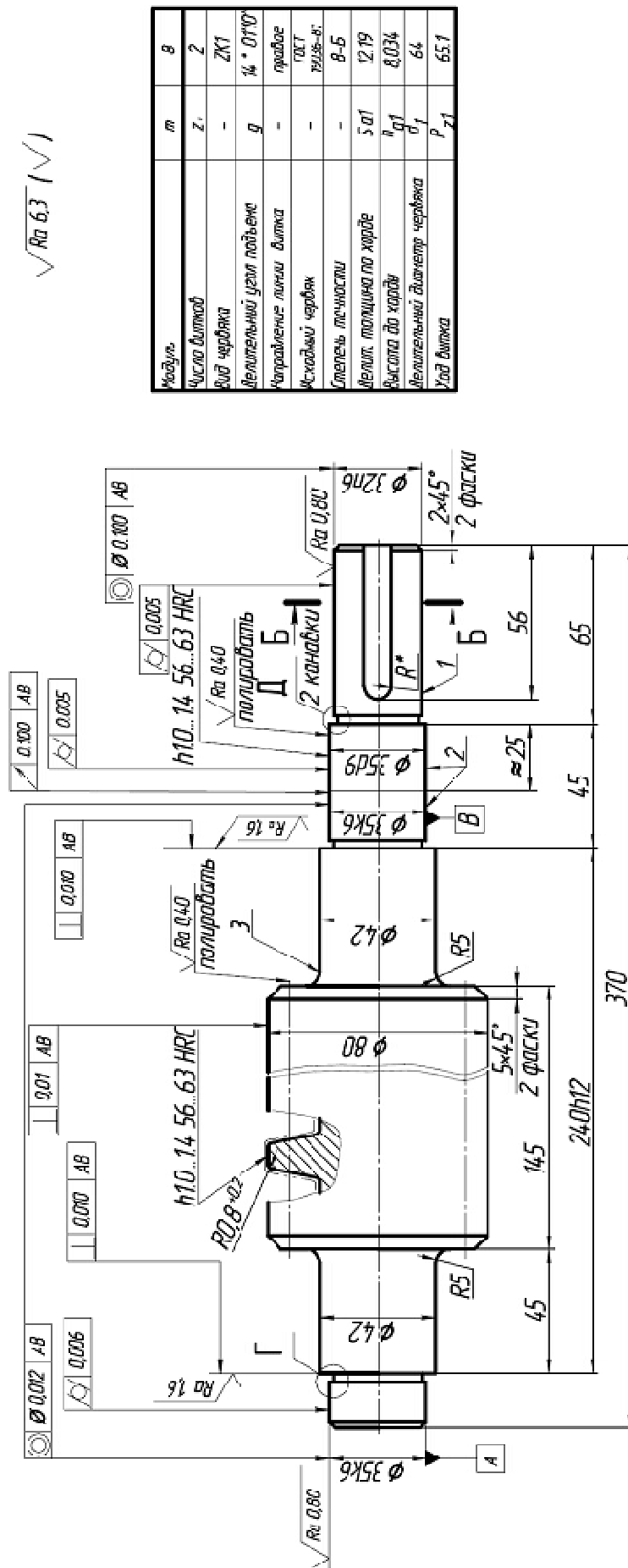
Спроектировать операцию чистового шлифования наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 32n6$  червяка (рис. 7.5). Припуск 0,06 мм на диаметр.

#### Задача 7.14

Спроектировать операцию нарезания зубьев червячного колеса (рис. 7.6).

#### Задача 7.15

Спроектировать операцию протягивания шпоночного паза 18J<sub>s</sub>9 в отверстия червячного колеса (рис. 7.6).



✓ Ra 6.3 (✓)

1. 220...240H8
2. \*Размер обдеслеч. инстру.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров: выточ - t; остальных ±t/2 средн. кл. точности

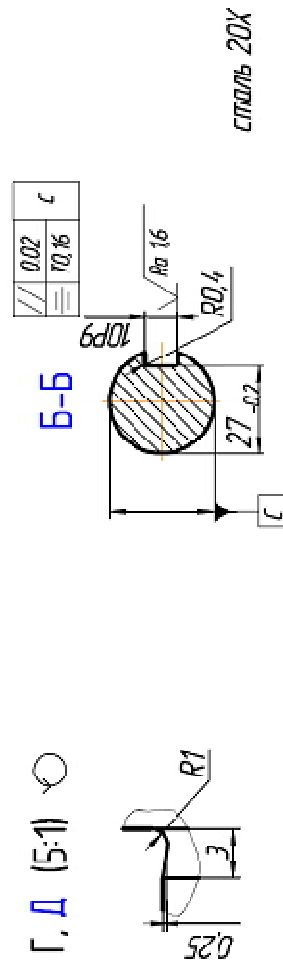
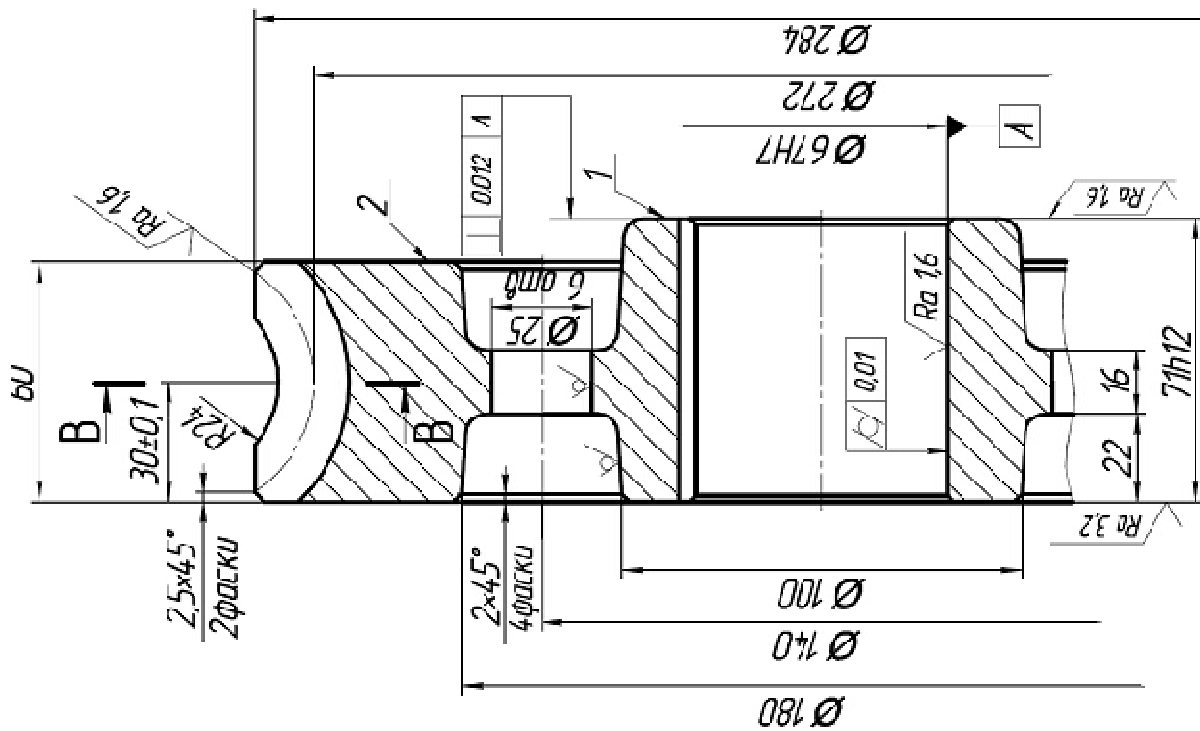
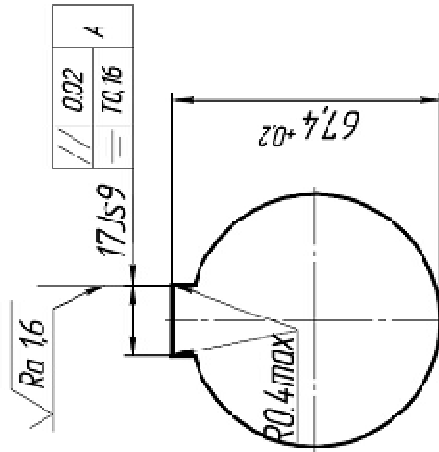
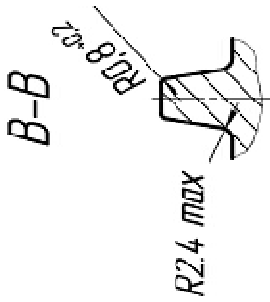


Рис. 7.5



$\sqrt{Ra\ 6.3}$  (✓)

Модуль	т	е
Число вилкоб	Z,	30
Направление линии зуба	-	правое
Коэффициент смещения червяка	x	1.0
И.ходный модуль червяка		ГДК.1 9036-81
Степень точности	-	8-5
Межосевое расстояние	a <sub>н</sub>	160
Диаметр д.счелч. червяч. колеса	d <sub>2</sub>	240
Вид сопряж. червяка	-	ZK1
Число вилкоб сопряжен. червяка	Z <sub>1</sub>	2



1. Неуказанные радиусы 5 мм max
2. \*Размер одеспеч. INSTR.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров поверхн. ✓  
в валов - t; остальных  $\pm t/2$   
средн. кл. точности  
поверхн. ✓;  $\pm t/2$   
грубого кл. точности

Чугун СЧ20

Рис. 7.6

#### Задача 7.16

Спроектировать операцию черного растачивания отверстия  $\varnothing 63H7$  колеса червячного (рис. 7.6) до размера  $\varnothing 61H12$ . Припуск на диаметр 4 мм.

#### Задача 7.17

Спроектировать операцию развертывания отверстия  $\varnothing 63H7$  червячного колеса (рис. 7.6). Припуск на диаметр 0,2 мм.

#### Задача 7.18

Спроектировать операцию чистовой подрезки торцев 1 и 2 червячного колеса (рис. 7.6). Припуск на сторону 1 мм.

#### Задача 7.19

Спроектировать операцию обработки 10 пазов  $\varnothing 42$  стакана подшипника (рис. 7.7).

#### Задача 7.20

Спроектировать операцию шлифования отверстия  $\varnothing 180K7$  стакана подшипника (рис. 7.7). Припуск 0,2 мм на диаметр.

#### Задача 7.21

Спроектировать операцию тонкого растачивания отверстия  $\varnothing 180K7$  стакана подшипника (рис. 7.7). Припуск 0,1 мм на диаметр.

#### Задача 7.22

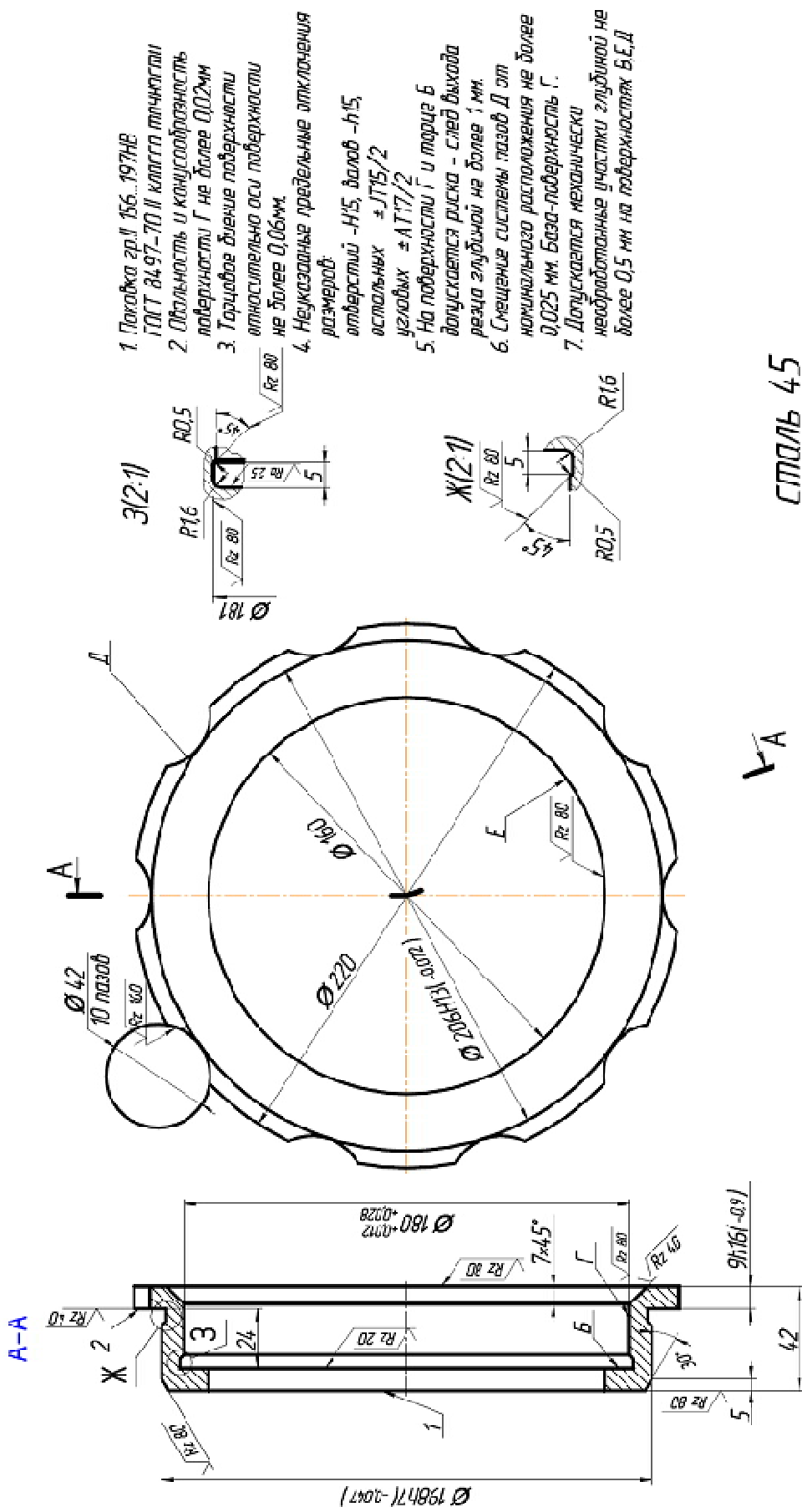
Спроектировать операцию шлифования наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 198h7$  стакана подшипника (рис. 7.7). Припуск на диаметр 0,1 мм.

#### Задача 7.23

Спроектировать операцию тонкого обтачивания наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 198h7$  стакана подшипника (рис. 7.7). Припуск на диаметр 0,2 мм.

#### Задача 7.24

Спроектировать операцию подрезки торца 1 и уступа 2 стакана подшипника (рис. 7.7). Припуск на сторону 0,6 мм.



сталь 45

Рис. 7.7



#### Задача 7.25

Спроектировать операцию чистового фрезерования установочной плоскости 1 корпуса (рис. 7.8). Припуск на сторону 0,5 мм.

#### Задача 7.26

Спроектировать операцию тонкого фрезерования плоскости разъема 2 корпуса (рис. 7.8). Припуск на сторону 0,25 мм.

#### Задача 7.27

Спроектировать операцию нарезания резьбы *M12-6H* в корпусе (рис. 7.8).

#### Задача 7.28

Спроектировать операцию сверления 14 отверстий  $\varnothing 9$  в корпусе (рис. 7.8).



## ГЛАВА VIII

### ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Характер работ по технологической подготовке производства с использованием станков с ЧПУ существенно отличается от работ оборудования. Значительно возрастают сложность задач и трудоемкость технологического проектирования. Технологические работы, общие по названию с работами, выполняемыми для оборудования с ручным управлением, имеют иное содержание при применении станков с ЧПУ и требуют иного подхода.

В общем случае составление программ для станков с ЧПУ начинается с разработки технологического процесса на деталь и выделения операций программируемой обработки. В этих операциях после уточнения оборудования выявляются траектории движения инструментов, скорости рабочих и холостых ходов и др. Установленная последовательность обработки кодируется и записывается на программноноситель. Полученная в итоге управляющая программа (УП) представляет собой сумму указаний рабочим органам станка на выполнение в определенной последовательности действий, из которых складывается весь процесс обработки детали.

При выполнении задания составляют расчетно-технологическую карту (РТК). Эта карта содержит законченный план обработки детали на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчетными размерами [3, 5]. При составлении РТК требуется:

1. Вычертить обрабатываемую деталь с указанием всех размеров, необходимых при программировании.
2. Наметьте последовательность обработки, назначить базы, выбрать крепежную оснастку.
3. Изобразить инструментальную наладку, дать привязку инструментов к базовым поверхностям, назначить режимы резания.
4. Выбрать начало координат и нанести оси координат.
5. Нанести исходную точку и траекторию движения центра инструмента.
6. На траектории движения инструмента (при безэквидистантном программировании – на обрабатываемом контуре) отмечают и обозначают цифрами опорные точки траектории.
7. При необходимости указывают места контрольных точек, в которых предусматривается кратковременная остановка инструмента для проверки точности обработки. Также обозначают точки остановки для смены инструмента, изменения частоты вращения шпинделя,

перезакрепления детали и т.д., указывают продолжительность остановки в секундах.

При построении траектории движения центра инструмента необходимо соблюдать следующие правила [3, 5]:

1. Подводить инструмент к обрабатываемой поверхности и отводить от нее следует по специальным траекториям – вспомогательным перемещениям.

2. Перед остановкой, резким изменением подачи, подъемом или опусканием инструмента необходимо отвести инструмент от обрабатываемой поверхности.

3. Длина холостых перемещений должна быть минимальной.

4. Для устранения влияния на точность обработки люфтов станка желательно предусматривать дополнительные петлеобразные переходы в зонах реверса.

5. При необходимости по расчетной силе резания следует определить возможную деформацию детали (инструмента) и ввести требуемое предискажение траектории.

На основании РТК производят кодирование УП. Особенности разработки УП зависят от типа станка и системы ЧПУ [3, 5, 25].

### Задача 8.1

Составить УП обработки заготовки из стали 45 на токарном станке с ЧПУ 16K20T1 (рис. 8.1, а). Заготовка – прокат  $\varnothing 75$  мм обычной точности,  $l = 133$  мм. Заготовка крепится по наружной поверхности в трех кулачковом самоцентрирующем патроне с упором в уступ расточенных кулачков.

### Решение

Намечаем последовательность обработки заготовки:

1. Черновое обтачивание наружных поверхностей и подрезка торца с оставлением припуска на чистовую обработку 1 мм.

2. Чистовое обтачивание наружных поверхностей и подрезка торца.

Схема базирования детали показана на рис. 8.1, а.

Для черновых проходов используем проходной резец (Т1) с ромбической пластиной Т5К10 (по ТУ2-035-892-82).

Глубина резания на различных участках (рис. 8.1, а) составляет от 3 до 4 мм. Для подрезания торца  $t = 2$  мм. Подача при обтачивании наружных поверхностей  $s = 0,4$  мм/об; при подрезании торца подача  $s = 0,3$  мм/об. Скорость резания при черновой обработке  $v = 79$  м/мин.

Для чистовых проходов используем контурный резец (Т2) с ромбической пластиной Т15К6 (по ТУ2-035-892-82). Глубина резания  $t = 1$  мм;  $s = 0,2$  мм; скорость резания  $v = 128$  м/мин. Начало координат выбираем на левом торце заготовки (рис. 8.1, а).

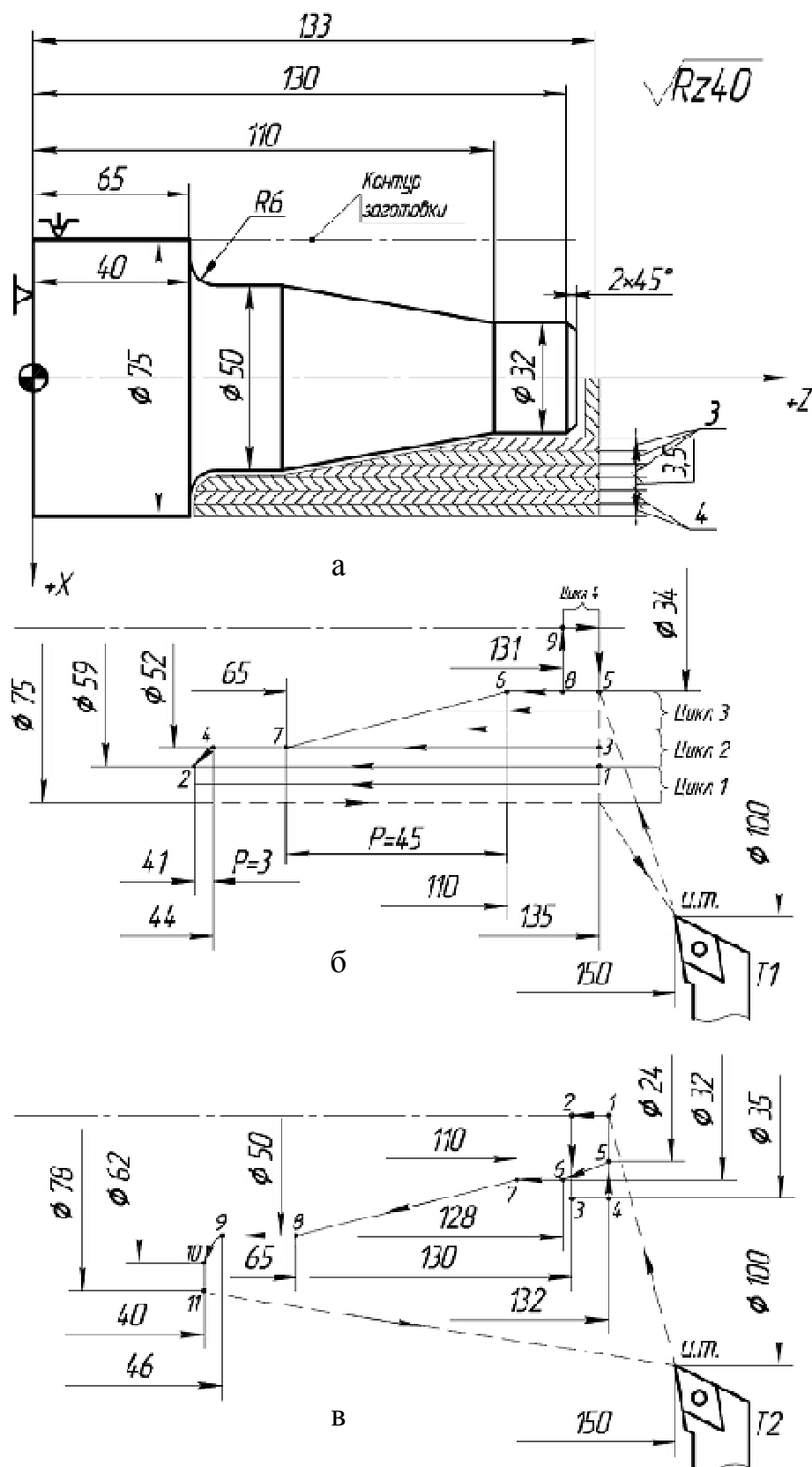


Рис. 8.1

Принимаем исходную точку (ИТ) относительно начала координат с координатами  $X = 100$  мм и  $Z = 150$  мм. Траектория нулевой точки резца

T1 при черновой обработке, опорные точки траектории с координатами приведены на рис. 8.1, б. Траектория нулевой точки резца T2 при чистовой обработке, опорные точки и их координаты показаны на рис. 8.1, в.

Составляем УП для обработки заданной заготовки. В скобах приведены пояснения к отдельным кадрам.

N0 T1	(проходной резец)
N1 M3	(вращение шпинделя по часовой стрелке)
N2 M40	(третий диапазон частот вращения)
N3 G96*	} (задание постоянной скорости резания $v = 92$ м/мин)
N4 S92*	
N5 P2240*	
N6 P340	
N7 F40	(подача $s = 0,4$ мм/об)
N8 M8	(включение СОЖ)
N9 Z13500~*	} (подход в начальную точку цикла)
N10 X10000	
N11 G77*~	} (двухпроходной продольный цикл)
N12 X5900*	
N13 Z4100*	
N14 P800	
N15 X5900~	(ускоренный подвод в точку 1)
N16 G70*~	} (однопроходный продольный цикл со скосом)
N17 X5200*	
N18 Z4100*	
N19 P350*	
N20 P300	
N21 X5200~	(ускоренный подвод в точку 3)
N22 ~→→G77*	} (двухпроходный продольный цикл со скосом)
N23 X 3400*	
N24 Z6500*	
N25 P600*	
N26 P4500	

N27 F30		(подача $s = 0,3$ мм/об)
N28 G71*	}	(однопроходный поперечный цикл)
N29 X0*		
N30 Z13100		
N31 X10000~*	}	(ускоренный отход в исходную точку)
N32 Z15000		
N33 T2		(контурный резец)
N34 M3		
N35 M40		
N36 G96*	}	(задание постоянной скорости резания $v = 128$ м/ мин)
N37 S128*		
N38 P2240*		
N39 P500		
N40 Z13200~*	}	(подход в точку 1)
N41 X0		
N42 F20		(подача $s = 0,2$ мм/об)
N43 Z13000		
N44 X3500		
N45 Z13200~		
N46 X2400~		
N47 Z3200+45°		(обработка фаски)
N48 Z11000		
N49 X5000*	}	(обработка конической поверхности)
N50 Z6500		
N51 Z4600		
N52 G13*	}	(обработка галтели)
N53 X6200*		
N54 Z4000		

### Задача 8.2

Составить УП обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ. Заготовка – прокат (табл. 8.1). Заготовка закрепляется по предварительно обработанной поверхности диаметром  $d$  (рис. 8.2 – 8.3).

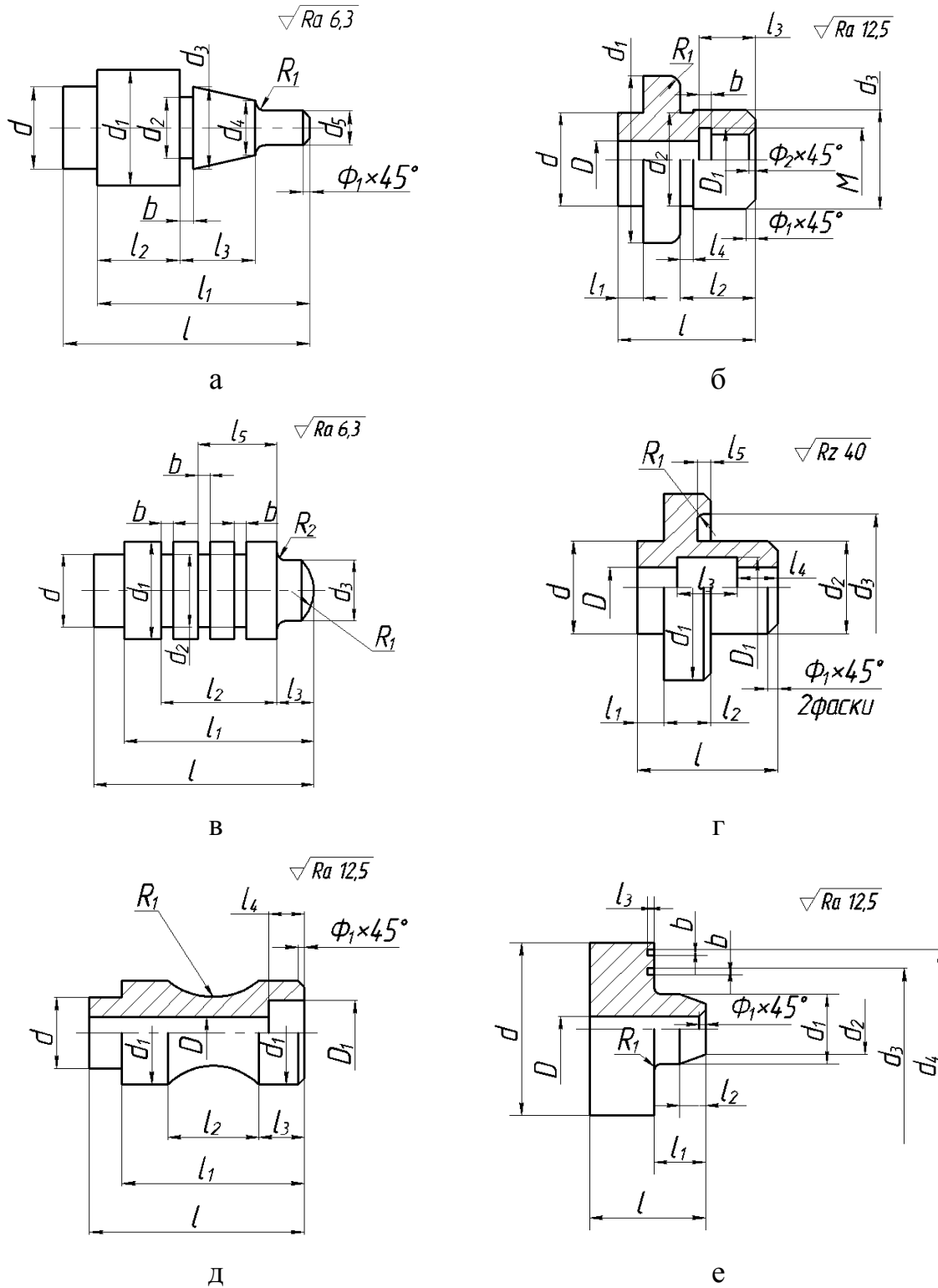
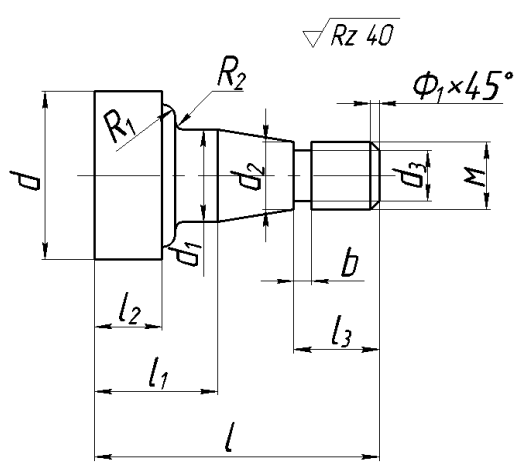
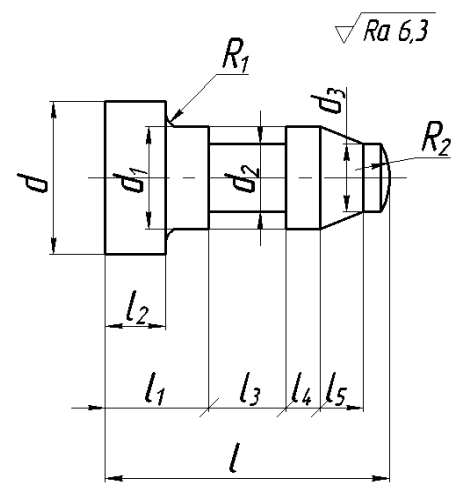


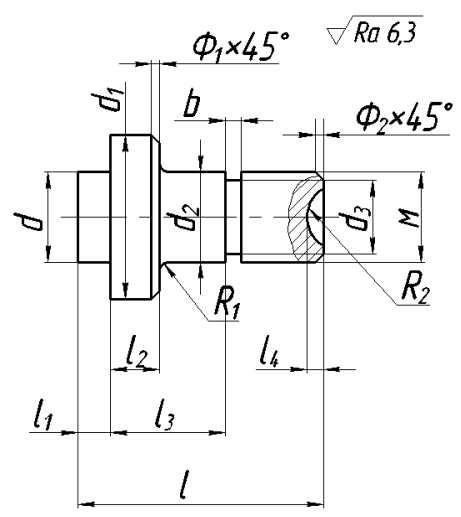
Рис. 8.2



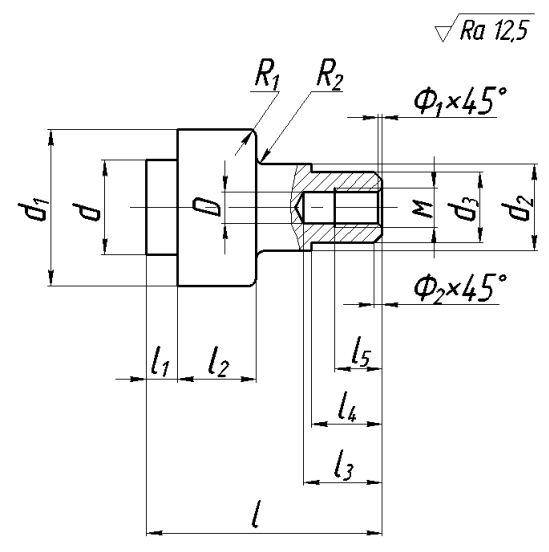
a



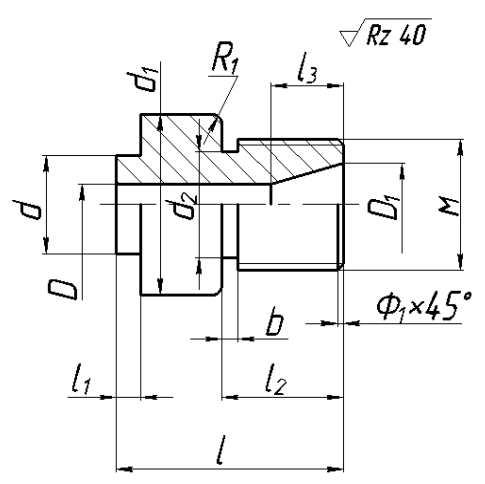
б



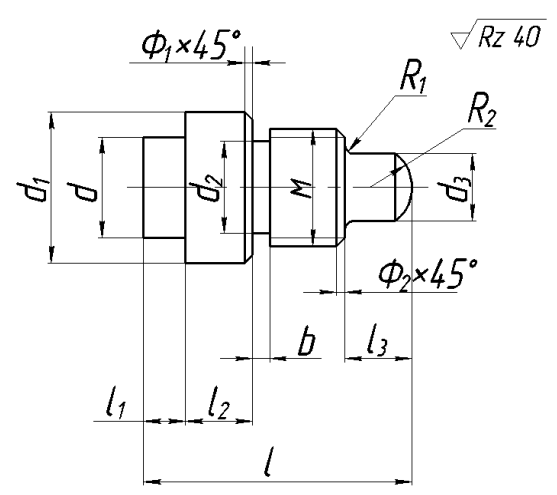
в



г



д



e

Рис. 8.3

## Исходные данные

Вариант	Рисунок	Размеры									
		d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	D	D <sub>1</sub>	M	l
1	8.2, а	30	45	24	28	20	14	—	—	—	90
2		36	60	37	40	30	20	—	—	—	110
3		50	65	41	45	36	26	—	—	—	130
4	8.2, б	50	70	48	50	—	—	18	31	M30x2	60
5		60	85	61	64	—	—	20	43	M42x2	75
6		70	100	65	68	—	—	30	43,2	M42x3	86
7	8.2, в	20	30	24	18	—	—	—	—	—	76
8		24	36	30	26	—	—	—	—	—	85
9		32	48	40	30	—	—	—	—	—	105
10	8.2, г	40	70	36	56	—	—	20	22	—	55
11		50	85	48	70	—	—	28	30	—	65
12		56	90	50	75	—	—	36	40	—	80
13	8.2, д	20	32	—	—	—	—	12	20	—	85
14		25	40	—	—	—	—	16	28	—	105
15		30	50	—	—	—	—	20	36	—	120
16	8.2, е	80	30	24	50	70	—	12	—	—	44
17		90	40	30	64	80	—	18	—	—	50
18		110	48	36	70	95	—	24	—	—	60
19	8.3, а	42	28	20	13	—	—	—	—	M16	100
20		50	32	22	17	—	—	—	—	M20x2	110
21		60	40	28	21,8	—	—	—	—	M20x1,5	130
22	8.3, б	50	36	30	28	—	—	—	—	—	90
23		56	40	32	30	—	—	—	—	—	105
24		60	44	36	32	—	—	—	—	—	130
25	8.3, в	32	50	36	27,8	—	—	—	—	M30x1,5	100
26		36	56	40	33	—	—	—	—	M36x2	115
27		40	60	44	37,5	—	—	—	—	M42x3	130
28	8.3, г	30	50	32	28	—	—	10,2	—	M12	85
29		36	56	36	30	—	—	13,9	—	M16	100
30		40	60	42	36	—	—	—	—	M16x1	105
31	8.3, д	24	48	—	—	—	—	—	16	M20x1	65
32		32	50	—	—	—	—	18	20	M24	80
33		36	60	—	—	—	—	22	30	M42x2	85
34	8.3, е	28	48	25	18	—	—	—	—	m30	90
35		36	56	33,8	20	—	—	—	—	M36x1,5	80
36		40	60	33	22	—	—	—	—	M36x2	85



детали, мм										Материал детали
$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$b$	$R_1$	$R_2$	$\Phi_1$	$\Phi_2$	
70	30	20	—	—	3	3	—	1,6	—	Сталь 45
85	35	35	—	—	4	4	—	2	—	Латунь Л63
100	40	45	—	—	4	5	—	2,5	—	Сталь 20
16	30	24	3	—	8	4	—	2,5	2	Сталь 30
20	36	30	4	—	8	5	—	2,5	2	Д16
24	42	36	5	—	10	5	—	3	2,5	Чугун СЧ20
60	42	14	28	14	4	12	3	—	—	Сталь 40Х
68	51	18	34	17	5	20	4	—	—	Латунь Л63
80	60	22	40	20	6	24	5	—	—	Сталь 18ХГТ
16	18	31	12	8	—	3	—	2	—	Сталь 45
20	20	33	16	10	—	4	—	2,5	—	Д16
24	28	40	20	12	—	4	—	3	—	Чугун СЧ20
60	30	15	10	—	—	20	—	1,6	—	Сталь 45
85	36	20	16	—	—	24	—	2	—	Латунь Л63
100	48	24	18	—	—	30	—	3	—	БрАМц9-2
24	10	3	—	—	4	3	—	1	—	Сталь 20
30	14	4	—	—	5	4	—	1,6	—	Чугун СЧ20
36	16	4	—	—	6	4,5	—	2	—	Сталь Ст. 3
25	45	24	—	—	5	3	2,5	2	—	Сталь 40Х
30	55	30	—	—	5	4	3	2	—	Сталь 65Г
40	70	36	—	—	4	4	4	1,6	—	Сталь 45
30	18	24	10	16	—	4	20	—	—	Сталь 20
32	20	30	12	18	—	5	24	—	—	Латунь ЛС59-1
48	32	36	14	20	—	5	30	—	—	Сталь 12Х18Н10Т
18	16	40	8	—	4	4	14	2	1,6	БрОЦ4-3
20	20	48	10	—	5	4,5	16	2,5	2	Сталь 45
24	22	50	12	—	6	5	25	3	2,5	Сталь 20
18	20	25	20	16	—	3	4	1,6	2,5	Сталь 45
20	24	32	28	20	—	4	4	2	2,5	Сталь 40ХН
24	24	30	25	18	—	3	5	1	2,5	Сталь 20
16	30	14	—	—	3	4	—	1	—	Сталь 40Х
20	36	18	—	—	6	5	—	2,5	—	Латунь ЛС59-1
24	40	22	—	—	5	3	—	2	—	Чугун СЧ32
18	16	18	—	—	8	3	9	1,6	2,5	Сталь 30
20	18	16	—	—	4	4	15	2	1,6	БрОФ7-0,2
24	20	12	—	—	5	3	12	2	2	Сталь 65Г

### Задача 8.3

Составить УП обработки контура и отверстий в заготовке из стали 30 (рис. 8.4).

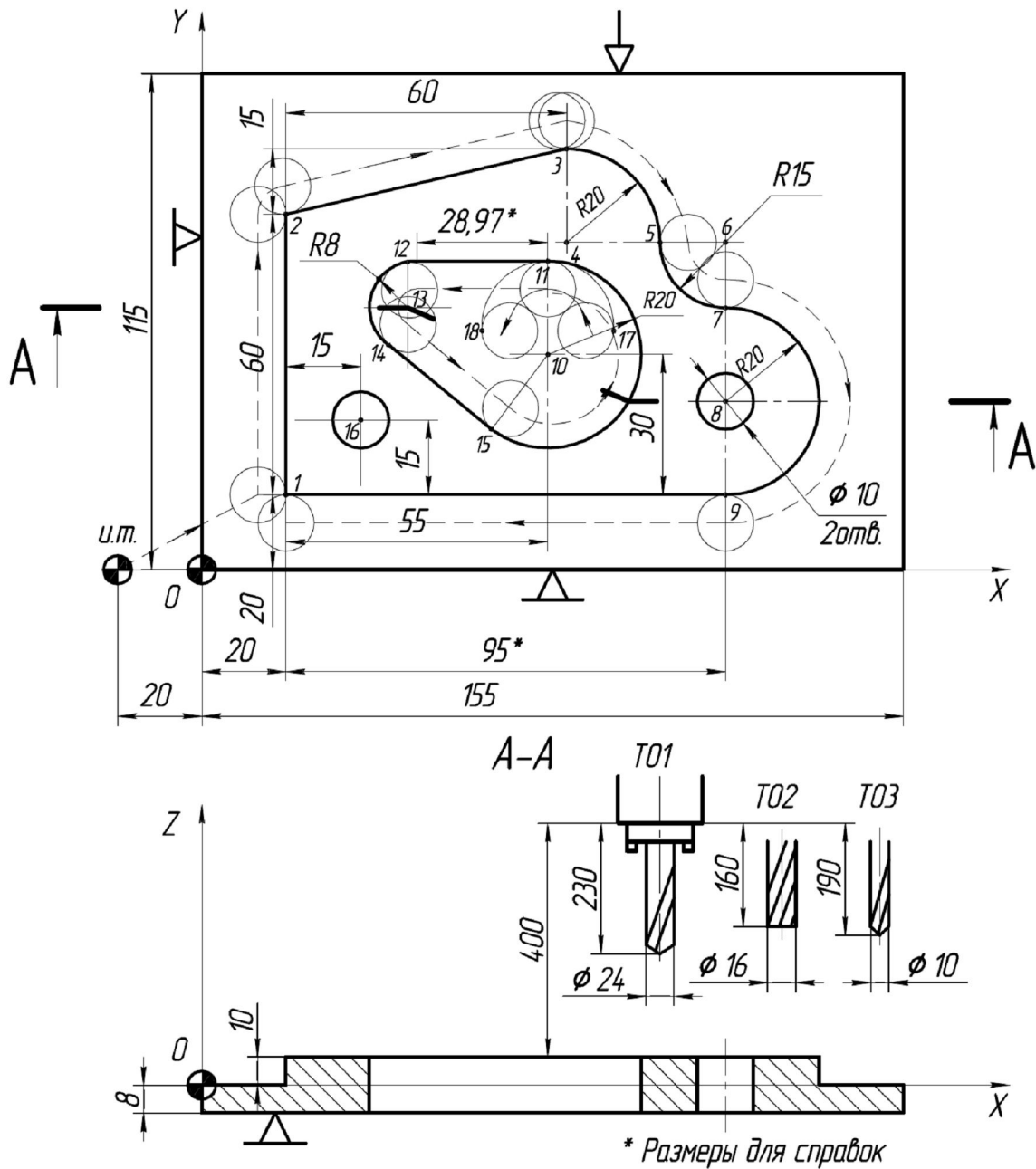


Рис. 8.4

### Решение

Для обработки заготовки выбираем станок ЛФ260МФЗ, оснащенный УЧПУ 2С85–63.

Намечаем следующую последовательность обработки заготовки:

1. Сверление отверстия  $\varnothing 24$  мм для входа концевой фрезы при обработке окна. Инструмент Т01 – сверло  $\varnothing 24$  мм (ГОСТ 10903-77).

Подача  $S = 50$  мм/мин, скорость резания  $V = 18,9$  м/мин, число оборотов шпинделя  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>.

2. Фрезерование наружного контура и окна. Инструмент T02 – фреза концевая  $\varnothing 16$  мм (ГОСТ 17026–71). Подача  $S = 40$  мм/мин, скорость резания  $V = 25,1$  м/мин, число оборотов шпинделя  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>.

3. Сверление двух отверстий  $\varnothing 10$  мм. Инструмент T03 – сверло  $\varnothing 10$  мм (ГОСТ 10903–77). Подача  $S = 140$  мм/мин, скорость резания  $V = 19,7$  м/мин, число оборотов шпинделя  $n = 630$  мин<sup>-1</sup>.

РТК обработки заготовки показана на рис. 8.4.

Координаты опорных точек контура приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Координаты опорных точек

Точка	Координата, мм		Точка	Координата, мм	
	X	Y		X	Y
1	20,0	20,0	10	75,0	50,0
2	20,0	80,0	11	75,0	70,0
3	80,0	95,0	12	46,03	70,0
4	80,0	75,0	13	46,03	62,0
5	100,0	75,0	14	40,37	56,34
6	115,0	75,0	15	60,86	35,86
7	115,0	60,0	16	35,0	35,0
8	115,0	40,0	17	86,0	59,0
9	115,0	20,0	18	64,0	59,0

Координаты опорных точек определены относительно начала рабочей системы координат (G54).

Составляем УП обработки заданной заготовки.

В программе D01 – корректор длины сверла T01, D02 – корректор длины концевой фрезы T02, D03 – корректор радиуса концевой фрезы T02, D04 – корректор длины сверла T03.

%1

N1 N01 M06

N2 G54 G90 G00 X7500 Y5000

N3 M03 S250

N4 G44 D01 Z1200

N5 M08

N6 G81 R101 + 2750 F50

Сверление отверстия для  
ввода фрезы

N7 M09

N8 G53 G40 G00 Z0 T02

N9 M05 M06

N10 X-2000 Y0

N11 M03 S500

N12 G44 D02 Z0

N13 M08

Фрезерование наружного  
контура:

N14 G01 F300

N15 G17 G41 D03 X2000 Y2000 J1000

выход на эквидистанту

N16 Y8000

участок 1 – 2

N17 G45 X8000 Y9500 G09

участок 2 – 3

N18 G45 G02 X10000 Y7500 I0 J-2000

участок 3 – 5

N19 G03 X11500 Y6000 I1500 J0

участок 5 – 7

N20 G02 X11500 Y2000 I0 J-2000

участок 7 – 9

N21 G01 X2000

участок 9 – 1

N22 G00 X0 G09

N23 Z1200 G09

Фрезерование внутреннего

N24 X8600 Y5900 J1000 G09

контура:

N25 Z-200 G09

опускание фрезы

N26 G03 X7500 Y7000 I-1100 J0 F300

участок 17 – 11

N27 G01 X4603

участок 11 – 12

N28 G03 X4037 Y5634 I0 J-800

участок 12 – 14

N29 G01 X6086 Y3586

участок 14 – 15

N30 G03 X7500 Y7000 I1414-J1414	участок 15 – 11
N31 X6600 Y5900 I0 J-1100	участок 11 – 18
N32 M09	
N33 G53 G00 G40 Z0 T03	
N34 M05 M06	
N35 M03 S630	
N36 G44 D04 Z1200	
N37 X11500 Y4000	
N38 M08	
N39 G81 R101 + 2300 F150	Последовательное
N40 X3500 Y3500	сверление 2
N41 G81 R101 + 2300 F150	отверстий
N42 M09	
N43 G40 G53 Z0	
N44 G53 X0 Y0	
N45 M05	
N46 M02	

#### Задача 8.4

Разработать УП обработки отверстия в заготовке (табл. 8.3) на сверлильном или многооперационном станке с ЧПУ.

#### Задача 8.5

Разработать УП обработки контура и отверстий в заготовке (табл. 8.4) на многооперационном станке с ЧПУ.

## Исходные данные

Вариант	Рисунок	Размеры							
		$d$	$d_1$	$d_2$	$D$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	М
1	8.5, а	6	—	—	6,6	10	4H7	—	—
2		8	—	—	9	13	5H7	—	—
3		10	—	—	11	16	6H7	—	—
4		12	—	—	14	18	8H7	—	—
5	8.5, б	36	—	—	18H8	28	—	—	M8
6		48	—	—	20H8	32	—	—	M10
7		30	—	—	14H8	20	—	—	M6
8		50	—	—	24H9	36	—	—	M12
9	8.5, в	60	30	42	20H8	6,6	10	—	—
10		80	42	60	28H9	8,4	13	—	—
11		90	45	66	32H8	11	16	—	—
12		110	56	80	40H9	13	18	—	—
13	8.5, г	60	—	—	20H7	—	—	—	M8
14		70	—	—	28H8	—	—	—	M10x1
15		90	—	—	32H8	—	—	—	M12x1,5
16		100	—	—	40H9	—	—	—	M12
17	8.6, а	40	—	—	24H8	5,5	—	—	M4
18		56	—	—	32H8	6,6	—	—	M6
19		65	—	—	40H9	9	—	—	M8
20		80	—	—	50H9	11	—	—	M10
21	8.6, б	24	16	20	16H8	5,5	—	—	M4
22		30	18	25	18H8	6,6	—	—	M5
23		30	20	30	20H9	8,4	—	—	M6
24		40	25	45	24H9	10,5	—	—	M8
25	8.6, в	5	—	—	20H8	5,5	8,5	—	—
26		6	—	—	24H9	6,6	10	—	—
27		8	—	—	30H9	9	13	—	—
28		10	—	—	32H9	11	16	—	—
29	8.6, г	32	48	60	16H8	24	8,3	4,5	—
30		40	55	70	18H8	28	10,3	5,5	—
31		48	60	80	24H9	32	12,3	6,6	—
32		56	75	100	28H9	40	16,5	9	—

детали, мм								Материал детали
$A$	$b$	$c$	$e$	$h$	$h_1$	$R$	$\phi$	
50	16	20	12	18	8	—	—	Сталь 45
65	25	25	15	10	10	—	—	Сталь 20
70	32	28	18	16	16	—	—	Чугун СЧ20
75	40	32	20	20	20	—	—	АЛ9
60	10	—	—	30	14	12	—	Сталь 40Х
80	14	—	—	36	18	14	—	АЛ9
56	8	—	—	32	12	10	—	Латунь ЛС59-1
90	16	—	—	40	24	18	—	Чугун СЧ20
—	6	—	—	25	10	—	1,6	Сталь 35Л
—	8	—	—	28	12	—	2	Сталь 20
—	10	—	—	32	12	—	2,5	Чугун СЧ32
—	12	—	—	40	16	—	3	БрАМц9-2
—	—	—	—	10	—	12	1,6	Сталь 45
—	—	—	—	14	—	16	1	Сталь Ст. 3
—	—	—	—	16	—	18	1,6	Д16
—	—	—	—	20	—	20	1,6	Сталь 65Г
80	60	66	48	10	—	—	1	Сталь 20
120	80	100	60	16	—	—	1	Сталь 45
160	100	135	75	20	—	—	1,6	Сталь Ст. 5
200	120	170	90	24	—	—	1,6	Латунь Л63
100	70	80	50	12	10	—	1	Сталь 40Х
120	80	100	60	14	10	—	1	Сталь 30
160	100	136	76	18	12	—	1	Д16
200	120	170	90	20	15	—	1,6	Сталь Ст. 5
60	50	40	30	8	—	10	1,6	АЛ9
80	60	56	36	10	—	12	2	Сталь 12Х18Н10Т
100	80	72	52	12	—	14	2	Чугун СЧ20
120	100	88	68	14	—	16	2,5	Сталь 30
50	34	2	—	14	4	—	—	Чугун СЧ20
56	38,9	2,5	—	16	5	—	—	Латунь Л63
60	42,4	3	—	20	8	—	—	АЛ9
80	53	4	—	22	10	—	—	Сталь 35Л

## Исходные данные

Вариант	Рисунок	Размеры						
		$d$	$R$	$R_1$	$R_2$	$a$	$b$	$c$
1	8.7, а	12	15	—	—	150	120	90
2		16	20	—	—	200	160	110
3		20	30	—	—	300	240	180
4	8.7, б	12	15	18	—	150	120	120
5		16	20	24	—	200	160	160
6		20	25	30	—	300	240	240
7	8.7, в	12	15	—	—	150	120	130
8		16	20	—	—	200	160	170
9		20	30	—	—	300	240	260
10	8.7, г	12	18	15	—	150	120	130
11		16	24	20	—	200	160	170
12		20	35	30	—	300	240	250
13	8.7, д	12	40	15	25	150	120	65
14		16	50	20	30	200	160	90
15		20	90	35	55	300	240	115
16	8.7, е	12	20	15	25	150	120	120
17		16	30	20	35	200	160	160
18		20	40	25	30	300	240	240
19	8.8, а	12	25	35	15	150	120	20
20		16	30	40	20	200	160	30
21		20	50	70	40	300	240	50
22	8.8, б	12	18	20	15	150	120	80
23		16	20	30	20	200	160	100
24		20	30	25	25	300	240	180
25	8.8, в	12	25	15	20	150	120	55
26		16	35	30	30	200	160	80
27		20	40	35	25	300	240	105
28	8.8, г	12	35	20	—	150	120	80
29		16	40	30	—	200	160	100
30		20	60	45	—	300	240	150



детали, мм						$\alpha$ , град	Материал детали
$e$	$f$	$g$	$h$	$h_1$	$S$		
50	90	—	—	—	5	60	Сталь 20
60	120	—	—	—	8	55	Сталь 45
120	180	—	—	—	12	50	АЛ9
—	84	50	—	—	6	—	Сталь 35Л
—	112	60	—	—	8	—	Сталь 40Х
—	180	130	—	—	10	—	Чугун СЧ20
100	90	50	—	—	4	—	Сталь 40Х
140	120	60	—	—	10	—	Сталь Ст. 3
210	180	120	—	—	14	—	Латунь Л63
90	90	44	—	—	6	—	Сталь 45
110	120	52	—	—	8	—	Сталь 20
190	180	110	—	—	10	—	Чугун СЧ20
30	—	—	—	—	8	—	Сталь Ст. 5
40	—	—	—	—	10	—	Сталь 30
65	—	—	—	—	16	—	Д16
50	—	—	—	—	8	—	Сталь 45
60	—	—	—	—	12	—	Сталь 20
130	—	—	—	—	18	—	АЛ9
35	60	40	16	5	—	—	Сталь 40Х
30	100	50	20	8	—	—	Сталь 20
50	140	80	24	10	—	—	АЛ9
120	20	—	16	10	—	120	Сталь 45
160	30	—	20	6	—	135	Сталь 35Л
240	30	—	22	12	—	140	Чугун СЧ20
40	80	20	12	4	—	—	Сталь 12Х18Н10Т
40	100	30	24	10	—	—	Сталь Ст. 3
90	180	30	20	12	—	—	Латунь Л63
40	80	—	14	6	—	120	Сталь 45
50	100	—	16	5	—	135	Чугун СЧ20
90	180	—	20	10	—	150	АЛ9

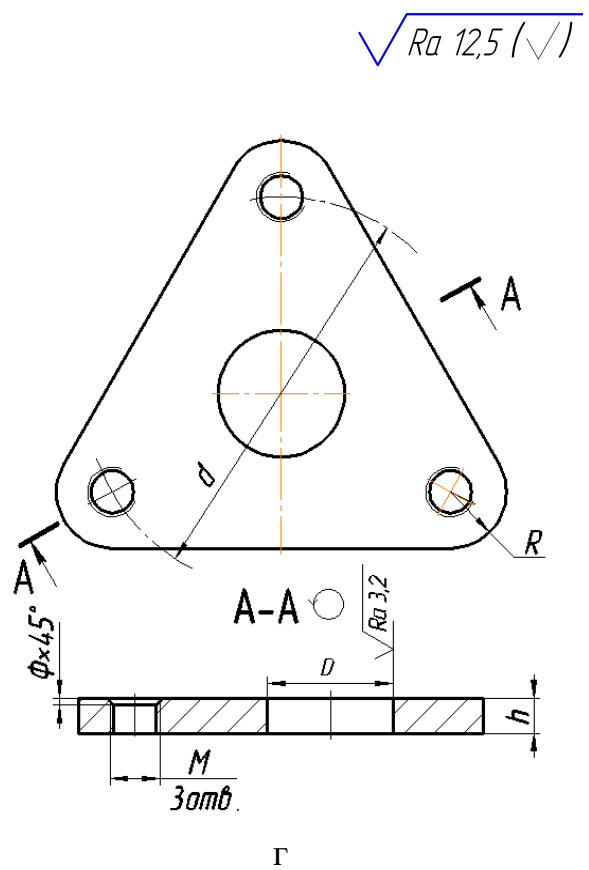
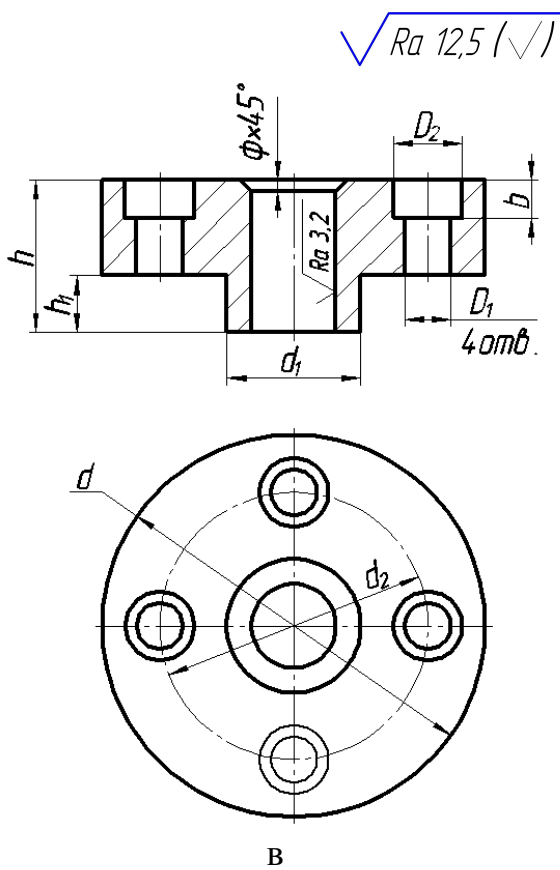
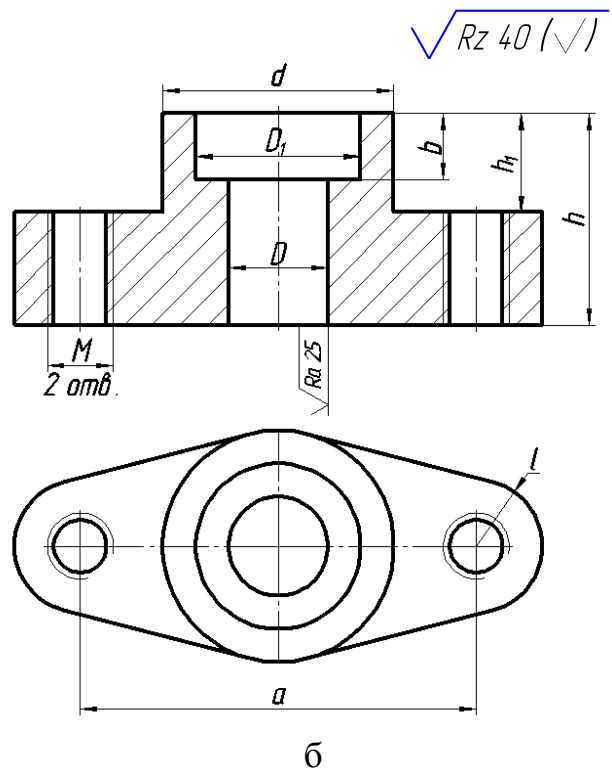
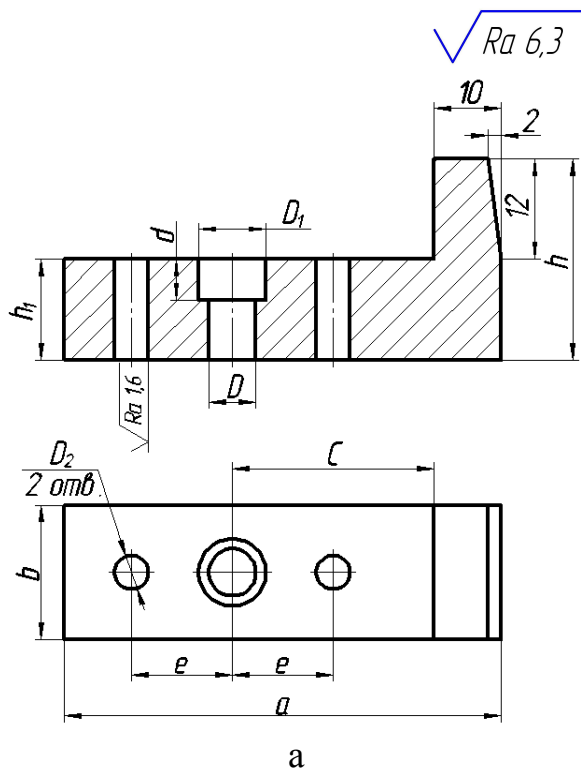


Рис. 8.5

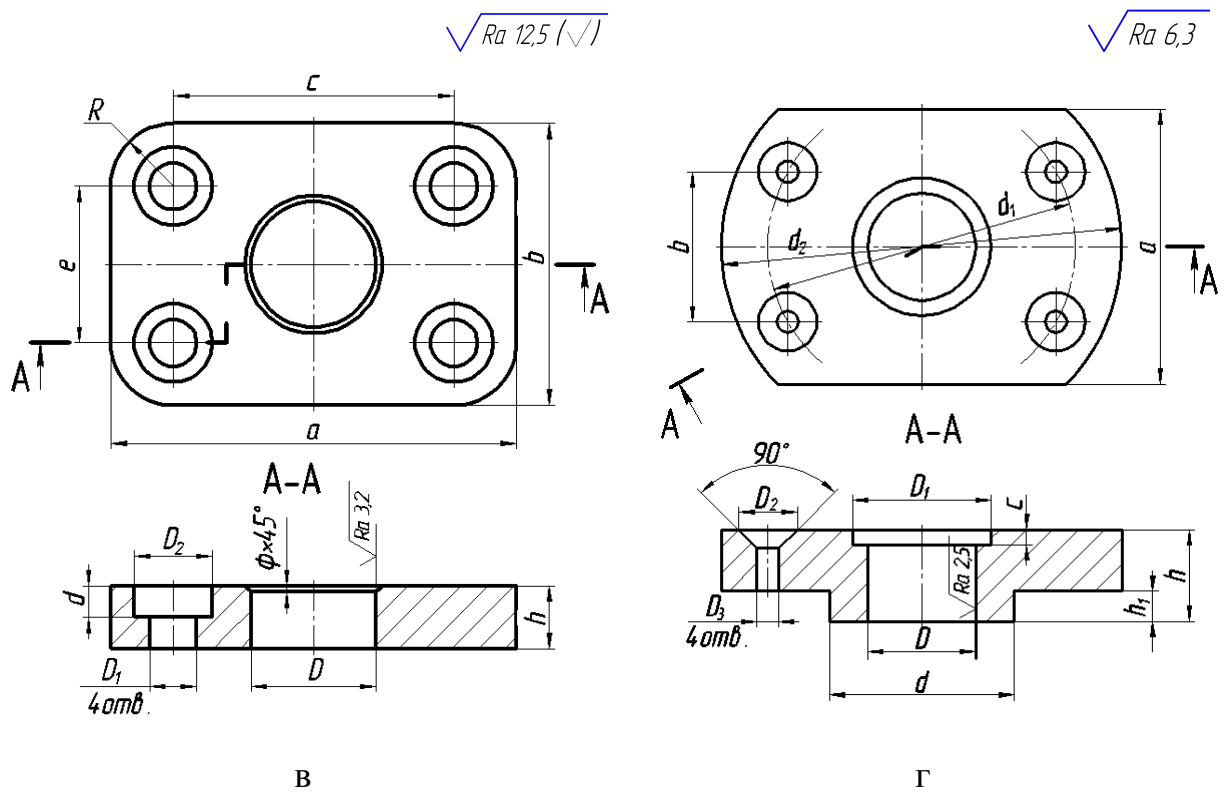
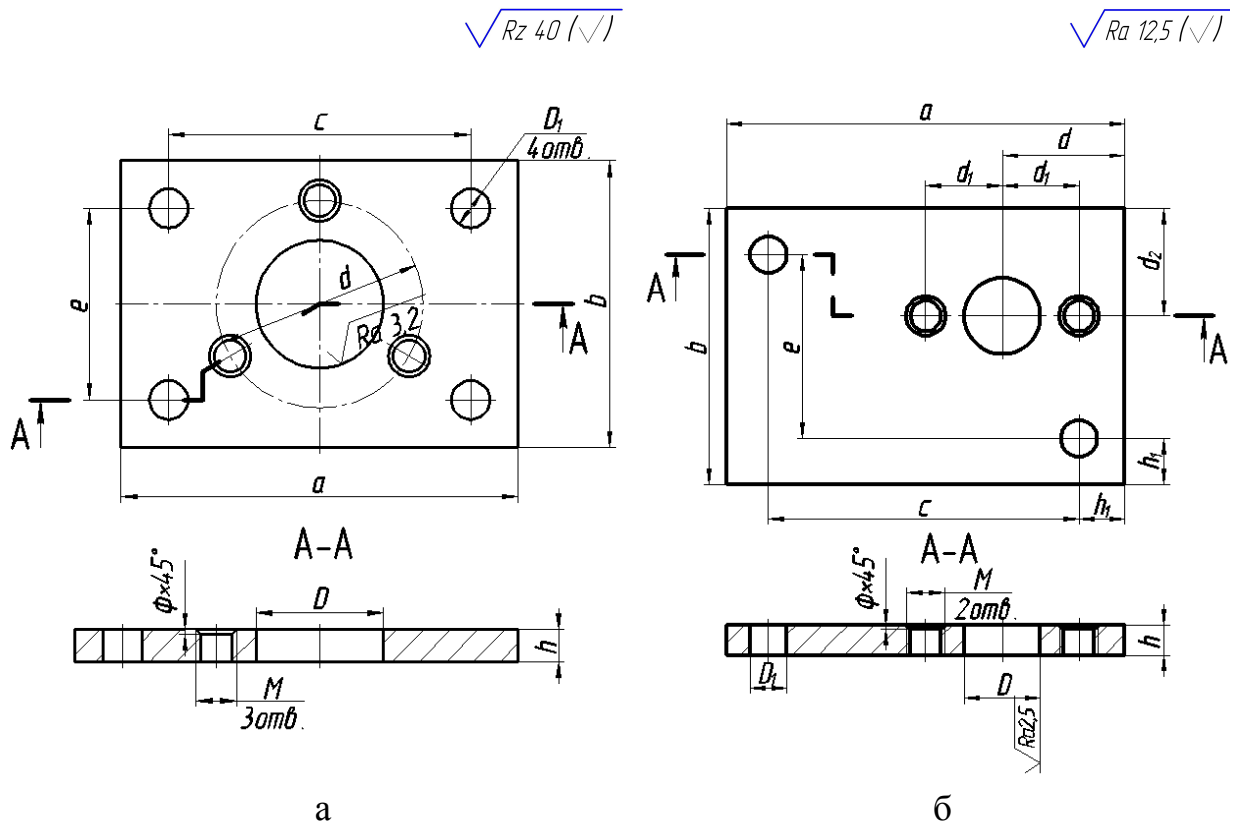


Рис. 8.6

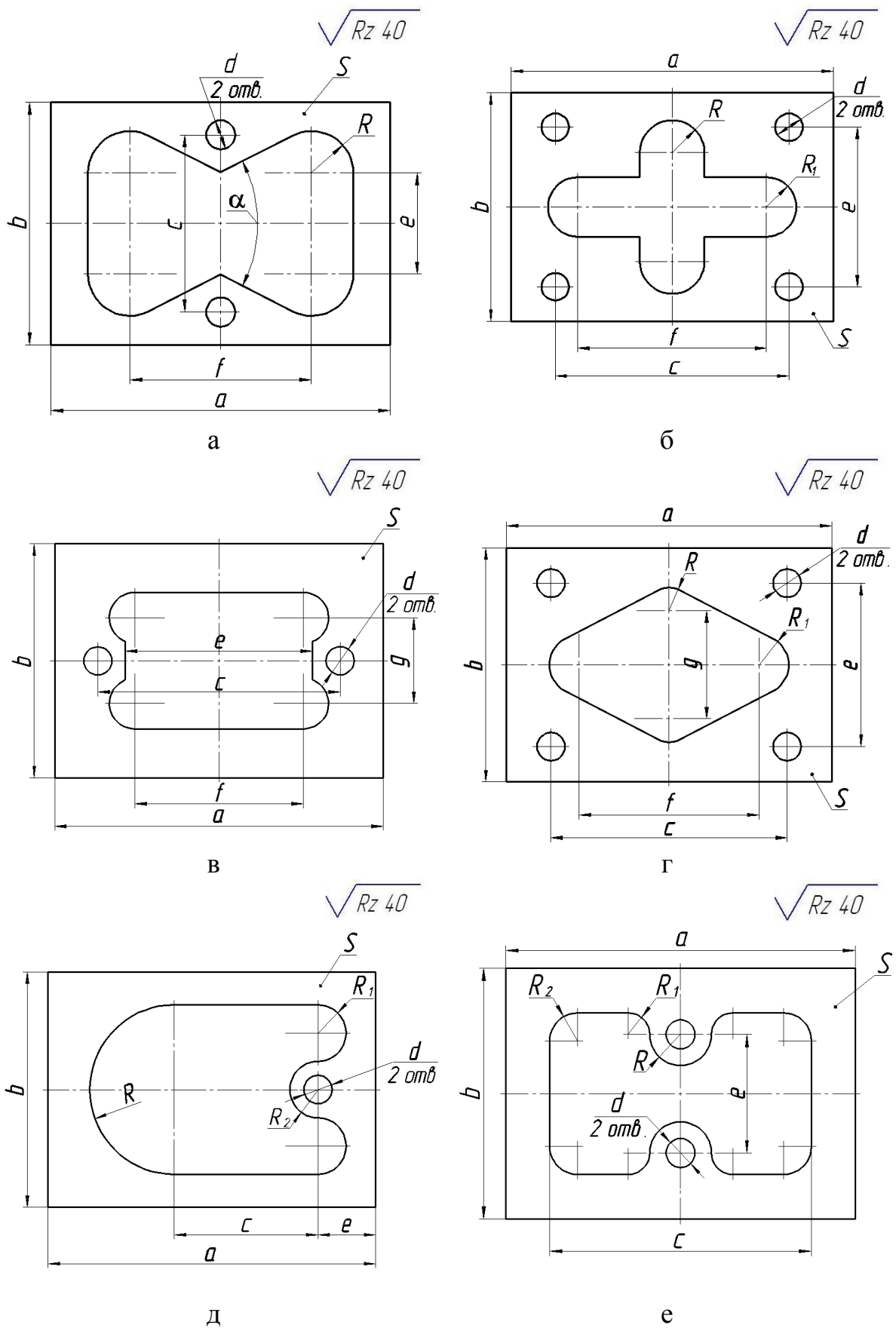


Рис. 8.7

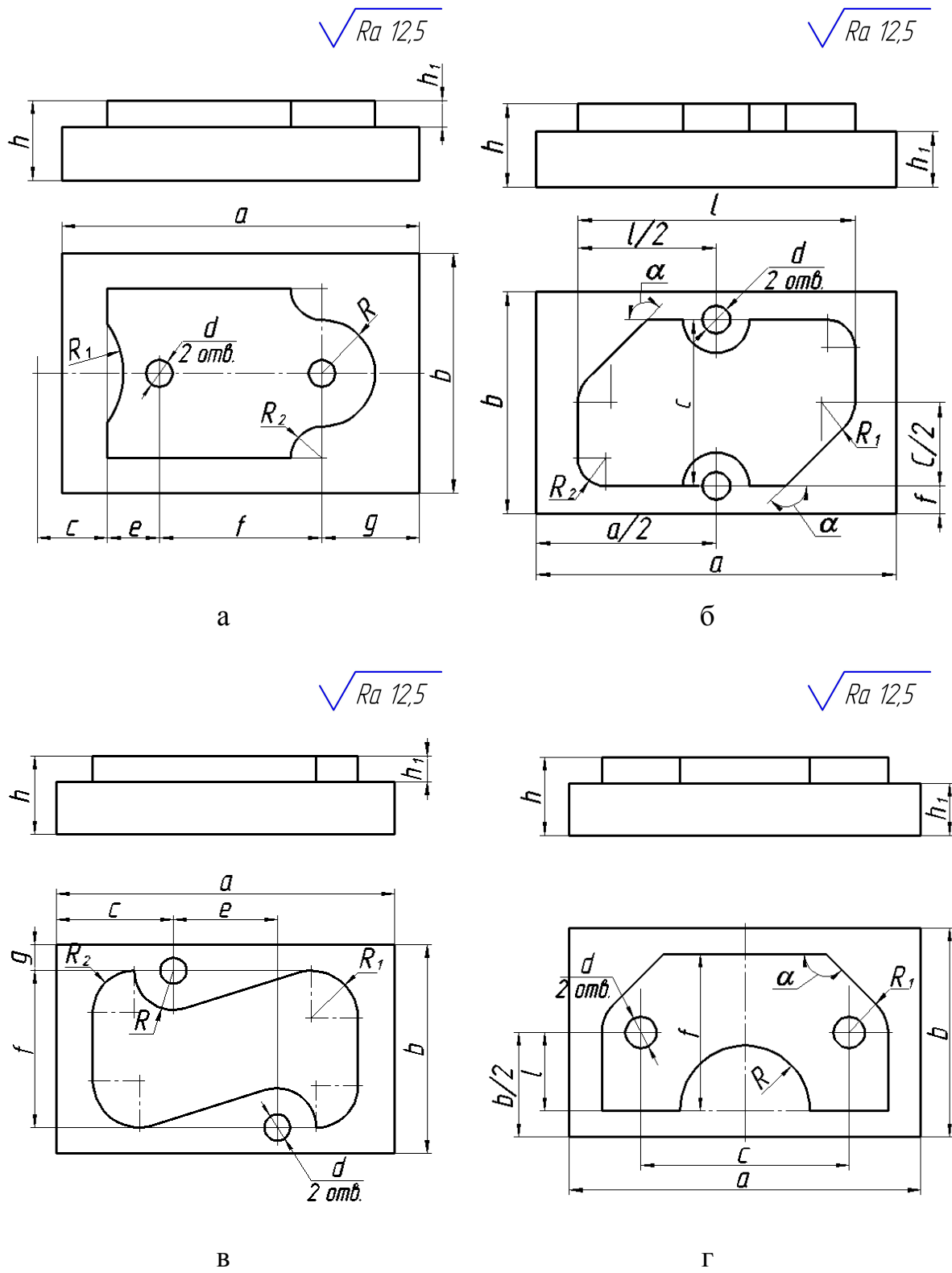


Рис. 8.8

## ГЛАВА IX

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Сложность и многообразие задач, решаемых при разработке управляющих программ, привела к необходимости создания автоматизированных методов проектирования, основанных на использовании ЭВМ. Система автоматизированного программирования (САП) — это комплекс технических, программных, языковых информационных средств, осуществляющих преобразование данных чертежа детали и технологического процесса ее обработки в коды управления оборудования с ЧПУ.

В настоящее время существует большое количество САП, различающихся по степени автоматизации решения всего комплекса рассматриваемых задач, по области их применения и назначению, по способу задания входной информации и другим критериям.

Широко используемая в промышленности САП Техтран предназначена для подготовки УП 2,5 — координатной контурной обработки, а также токарной обработки. В системе можно описывать любые плоские контуры, состоящие из отрезков прямых, дуг окружностей и таблично-заданных кривых. Третья координата используется только для управления глубиной обработки и в командах движения точка-точка. Исходные данные вводятся в языковой форме. Для написания слов используются заглавные буквы русского и латинского алфавитов, цифры, специальные символы.

Система Техтран обеспечивает: расчет координат опорных точек траектории инструмента; использование аппарата макроопределений; построение траекторий фрез типа "строка" или "спираль" при обработке типовых элементов деталей (плоскостей, уступов, колодцев и т. д.); расчет режимов резания по участкам траектории; смену инструмента, назначение коррекции; формирование подготовительных и вспомогательных функций; формирование и вывод на внешние носители УП.

При выполнении задания вычерчивают эскиз обрабатываемой детали с указанием необходимых размеров; намечают последовательность обработки, назначают базы и схему крепления; изображают инструментальную наладку, определяют режимы резания; выбирают начало координат и наносят оси координат; присваивают порядковые имена геометрическим элементам, определяющим траекторию перемещения режущего инструмента.

Программа составляется в следующей последовательности [24, 3, 5]:

- начало программы;
- модель станка;
- описание геометрических элементов, необходимых для задания траектории режущих инструментов;
- описание применяемого инструмента;
- номер устанавливаемого инструмента, коррекция размеров инструментов;
- режимы обработки;
- метод интерполяции и режим аппроксимации; начальное положение инструмента;
- траектория перемещения режущего инструмента и необходимые технологические команды; конец программы.

После ввода программы и расчета на ЭВМ выдается текст УП в коде ИСО-7бит и перфолента для станка с ЧПУ.

### Задача 9.1

Составить на языке САП Техтран программу обработки контура и отверстий в заготовке из стали 30 (рис. 9.1).

### Решение

Для обработки заготовки выбираем станок ЛФ260МФЗ, оснащенный УЧПУ 2С85-63.

Последовательность обработки заготовки:

1. Сверление отверстий  $\varnothing 24$  мм для входа концевой фрезы при обработке окна. Инструмент – сверло  $\varnothing 24$  мм (ГОСТ 10903–77). Подача  $S = 0,2$  мм/об, скорость резания  $V = 18,9$  м/мин, число оборотов шпинделя  $n = 250$  мин<sup>-1</sup>.

2. Фрезерование наружного контура и окна. Инструмент – фреза концевая  $\varnothing 16$  мм (ГОСТ 17026–71). Подача при фрезеровании наружного контура  $S_m = 50$  мм/мин, при фрезеровании окна –  $S_m = 40$  мм/мин, скорость резания  $v = 25,1$  м/мин, число оборотов шпинделя  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>.

3. Сверление двух отверстий  $\varnothing 10$  мм. Инструмент – сверло  $\varnothing 10$  мм (ГОСТ 10903–77). Подача  $S = 0,24$  мм/об, скорость резания  $V = 19,7$  м/мин, число оборотов шпинделя  $n = 630$  мин<sup>-1</sup>.

Эскиз обрабатываемой заготовки, схема базирования, оси координат, инструментальная наладка, обозначения геометрических элементов показаны на рис. 9.1.





05 ПР2 = ТОЧКА (20, (20+60)), ТЧ3; ПР3 = ХПАР, 20;  
 ПР7 = ТЧ3, ПЕРП, ПР3  
 06 ТЧ4 = ПР7, ТЧ3, 20, УМ; КР1 = ТЧ4, 20; ТЧ5 = (20+15), (20+15)  
 07 КР2 = ТОЧКА (ТЧ4, ПОВХУ, 0, (20+15)), РАДИУС, 15  
 08 КР3 = УБ, ПР3, УМ, ВНЕ, КР2, 20; ТЧ2 = КР3; КР5 = ТЧ1, 20  
 09 ПР4 = КАС, КР5, УБ, 0; ПР5 = КАС, КР5, УМ, -45;  
 ПР6 = ТЧ1, ПЕРП, ПР3  
 10 КР4 = УМ, ПР4, УБ, ПР5,8  
 11 #.....ОПИСАНИЕ ИНСТРУМЕНТА.....  
 12 НОМИНСТР 1, ВЫЛЕТ, 0,0,230; НОМИНСТР 2, ВЫЛЕТ 0,0,160  
 13 НОМИНСТР 3, ВЫЛЕТ, 0,0,190  
 14 #.....  
 15 ВЫБОРИН 1; ЗАГРУЗ 1 # ЗАГРУЗКА 1 СВЕРЛА  
 16 КОРРЕК ВКЛ, ДЛИНА, 11 # 11 – НОМЕР КОРРЕКТОРА  
 17 ИНСТР 0  
 18 ШПИНДЛ 250, ПОЧС  
 19 ОХЛАД ВКЛ  
 20 БЕЗОПРСТ 5 # ЗАДАНИЕ БЕЗОПАСНОГО  
 21 #..... РАССТОЯНИЯ  
 22 ЦИКЛ СВЕРЛ, 27, ММ/ОБ, 0,2,2  
 23 ИЗ 0,0,170  
 24 ВТОЧКУ ТЧ1 # СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЯ  
 25 ЦИКЛ ВЫКЛ  
 26 ОХЛАД ВЫКЛ  
 27 КОРРЕК ВЫКЛ  
 28 ВТОЧКУ 0,0,170 # ВОЗВРАТ В И. Т.  
 29 РАЗГРУЗ; ВЫБОРИН 2; ЗАГРУЗ 2 # ЗАГРУЗКА ФРЕЗЫ  
 30 КОРРЕК СЛЕВА, РАДИУС, 12,  
 ДЛИНА 13  
 31 ИНСТР 16 # ЗАДАНИЕ РАДИУСА ФРЕЗЫ  
 32 ШПИНДЛ 500  
 33 ИЗ 0,0,240

34 ВТОЧКУ – 20,0  
35 БЫСТРО  
36 ПРИРАЩ – 250 # ОПУСКАНИЕ ФРЕЗЫ  
37 ОХЛАД ВКЛ  
38 ПОДАЧА М/МИН, 50  
39 ИДИ ДО ПР1 # НАЧАЛО ОБРАБОТКИ  
40 #..... НАРУЖНОГО КОНТУРА  
41 ВЛЕВО ПР1 ЗА ПР2  
42 ИНСТЛВ  
43 ВПРАВО ПР2 ЗА 2 ПЕРЕСЕЧ  
44 ВПЕРЕД КР1:КР2:КР3:ПР3 ЗА  
ПР1  
45 БЫСТРО  
46 ПРИРАЩ 15 # ОТВОД ФРЕЗЫ НА  
47 #..... БЕЗОПАСНОЕ РАССТОЯНИЕ  
48 КОРРЕК ВЫКЛ, РАДИУС  
49 ВТОЧКУ 1  
50 ПРИРАЩ – 26  
51 КОРРЕК СЛЕВА, РАДИУС, 12  
52 ПОДАЧА М/МИН, 40  
53 ИДИ ПО ПР4 # НАЧАЛО ОБРАБОТКИ  
54 #..... ВНУТРЕННЕГО КОНТУРА  
55 ВЛЕВО ПР4 КАС КР4  
56 ИНСТЛВ  
57 ВПЕРЕД КР4; ПР5; КР5 ЗА 2 ПР6  
58 БЫСТРО  
59 ВТОЧКУ ТЧ1  
60 ОХЛАД ВЫКЛ  
61 КОРРЕК ВЫКЛ  
62 ПРИРАЩ 261  
63 ВТОЧКУ 0,0,240

64 РАЗГРУЗ; ВЫБОРИН 3; ЗАГРУЗ # ЗАГРУЗКА 2 СВЕРЛА  
 3  
 65 КОРРЕК ВКЛ, ДЛИНА, 14  
 66 ИНСТРО  
 67 ШПИНДЛ 630  
 68 ОХЛАД ВКЛ  
 69 БЕЗОПРСТ 5  
 70 ЦИКЛ СВЕРЛ, 23, ММ/ОБ, 0.24,2  
 71 ИЗ 0,0,210  
 72 ВТОЧКУ ТЧ2; ТЧ5 # ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО  
 73 #..... СВЕРЛЕНИЕ 2 ОТВЕРСТИЙ  
 74 ЦИКЛ ВЫКЛ  
 75 ОХЛАД ВЫКЛ  
 76 КОРРЕК ВЫКЛ  
 77 ВТОЧКУ 0,0,210  
 78 РАЗГРУЗ  
 79 КОНЕЦ

#### Задача 9.2

Составить на языке САП Техтран программу обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ. Заготовка — прокат (табл. 8.1). Заготовка закрепляется по предварительно обработанной поверхности диаметром  $d$ .

#### Задача 9.3

Составить на языке САП Техтран программу обработки отверстий в заготовке (табл. 8.3) на сверлильном или многооперационном станке с ЧПУ.

#### Задача 9.4

Составить на языке САП Техтран программу обработки контура и отверстий в заготовке (табл. 8.4) на многооперационном станке с ЧПУ.

## Список использованной литературы

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1982. – 736 с.
2. Белкин, И. М. Справочник по допускам и посадкам / И. М. Белкин. – М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
3. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ/ Р. И. Гжиров, П. П. Серебряницкий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 588 с.
4. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В.А Шкред. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
5. Дерябин, А. Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ / А.Л. Дерябин.- М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
6. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. Ч.1. / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – Л.: Машиностроение, 1982. – 543 с.
7. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. Ч.2. / В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – Л.: Машиностроение, 1982. – 448 с.
8. Корсаков, В. С. Основы технологии машиностроения / В. С. Корсаков. – М.: Высшая школа, 1974. – 336 с.
9. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник для машиностроительных вузов/ А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 512 с.
10. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм [и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
11. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. – М.: Изд-во НИИтруда, 1984. – 460 с.
12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М.: Экономика, 1988. – 366 с.
13. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.1: Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.2:

Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.

15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.3: Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. – М.: Изд-во НИИТруда, 1978. – 360 с.

16. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство. Ч. III: Сверлильные станки. – М.: Экономика, 1988. – 150 с.

17. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1983. – 284с.

18. Основы технологии машиностроения / Под ред. Корсакова В. С. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.

19. Проектирование технологии / И. М. Баранчукова, А. А. Гусев, Ю. Б. Краморенко и др., под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.

20. Размерный анализ технологических процессов/ В. В. Матвеев, М. М. Тверской, Ф. И. Бойков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

21. Солонин, И. С. Расчеты сборочных и технологических размерных цепей/ И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

24. Гусев, А. А. Технология машиностроения (Специальная часть) / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.

25. Лиферов, А. А. ТЕХТРАН-система программирования оборудования с ЧПУ / А. А. Лиферов [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1987. – 109 с.

26. Уралов, В. И. Технологическая подготовка многооперационных станков / В. И. Уралов, Я. А. Юзефпольский. – М.: Машиностроение, 1985. – 88 с.

27. Худобин, Л. В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Л. В. Худобин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

28. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. И. Якушев. – М.: Машиностроение, 1979. – 344 с.

29. Аверченков, В. И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения / В. И. Аверченков, О. А. Горленко, В. Б. Ильицкий [и др.]; под общ. ред. О. А. Горленко. – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.

Учебное издание

Юрий Николаевич Полянчиков, Александр Григорьевич Схиртладзе, Алла Николаевна Воронцова, Сергей Иванович Кормилицин, Владимир Анатольевич Солодков, Мария Юрьевна Полянчикова, Дмитрий Вадимович Крайнев, Алексей Александрович Емельяненко

Сборник заданий по технологии машиностроения и примеры их  
выполнения

Учебное пособие

Редактор А. К. Саютина

Темплан 2012г. Поз. № 43у

Подписано в печать 25.04.2012. Формат 60×84×1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7,47 Уч.-изд. л. 8,47 Тираж 90 экз. Заказ...

Волгоградский государственный технический университет  
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 1

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.  
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 7