

Министерство образования и науки Украины  
Донбасская государственная машиностроительная академия

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ по дисциплине

**“ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ”**

для студентов специальностей 7.090.203, 7.090.204  
(всех форм обучения)

Краматорск 2012



Министерство образования и науки Украины  
Донбасская государственная машиностроительная академия

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ по дисциплине

### **“ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ”**

для студентов специальностей 7.090.203, 7.090.204  
(всех форм обучения)

Утверждено  
на заседании кафедры  
“Металлорежущие станки  
и инструменты”  
протокол №2 від 15.09.2009

Краматорск 2012

УДК 621.906.621.833

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальностей 7.090.203, 7.090.204 (всех форм обучения) / Сост. И.Н. Иванов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - 90с.

Составитель:

И.Н. Иванов, доц.

Ответственный за выпуск

В.Д.Ковалев, проф.

Цель практических работ по дисциплине «Технология машиностроения» — научиться разрабатывать оптимальный технологический процесс механической обработки деталей.

С этой целью студенту дается задание на разработку техпроцесса (ТП) обработки заданной детали.

Разработка ТП включает следующие основные этапы:

- 1) Анализ исходных данных.
- 2) Анализ технологичности детали.
- 3) Выбор стратегии разработки техпроцесса.
- 4) Выбор метода получения заготовки.
- 5) Выбор метода обработки поверхностей.
- 6) Определение припусков на обработку.
- 7) Проектирование штампованной заготовки.
- 8) Разработка технологического маршрута.
- 9) Разработка схем базирования.
- 10) Разработка плана обработки детали.
- 11) Выбор средств технологического оснащения
- 12) Нормирование ТП



## 1. Анализ исходных данных

*Цель работы* – научиться анализировать рабочие чертежи деталей при разработке технологических процессов (ТП) механической обработки.

### 1. Общие положения

Анализ исходных данных для проектирования ТП механической обработки детали начинают с анализа её чертежа.

Грамотно выполненный чертеж детали дает исчерпывающую информацию о её форме, размерах, точности размеров, формы и расположения, шероховатости поверхности, материале, его твердости, качестве поверхностного слоя, габаритах и массе детали, использованных стандартах и технических условиях, способе маркировки и т.д. Чертеж детали средней сложности содержит около сотни параметров, характеризующих ее. Задача технолога – спроектировать ТП так, чтобы ни один параметр не остался без внимания.

В первую очередь, технолог должен четко представить себе служебное назначение детали и условия ее работы.

Под **служебным назначением** детали понимают характер выполняемых ею служебных функций (передача усилия или крутящего момента, перемещение, фиксация, поворот, базирование и т.п.) и требования к их выполнению (точность, быстроедействие, КПД, долговечность, надежность и т.п.)

Под **условиями работы** детали понимают качественную и количественную характеристику воздействующих на нее факторов (характер и величину нагрузок, напряжения в опасных сечениях, трение в контакте, скорости, давления, температуры, характер изнашивания и т.п.)

Деталь содержит достаточно большое число поверхностей, каждая из которых выполняет определенные функции. С помощью одних поверхностей деталь выполняет свое служебное назначение, другие поверхности служат для установки детали в узле или для присоединения других деталей. Третьи поверхности не участвуют в работе и служат для придания детали определенной формы. В соответствии с различным назначением поверхностей различаются и требования к ним. Чтобы проанализировать эти требования необходимо систематизировать поверхности детали по их служебному назначению.

Поверхности детали делятся на **сопрягаемые**, взаимодействующие с поверхностью другой детали, и **свободные (С)**, оформляющие конфигурацию детали. В свою очередь, сопрягаемые поверхности могут выполнять различные функции.

Поверхности детали, выполняющие ее служебные функции, называют **исполнительными (И)**.

Поверхности детали, определяющие положение данной и других деталей в узле (сборочной единице), называют **конструкторскими базами**. Различают основные и вспомогательные конструкторские базы.

**Основные** конструкторские базы (ОБ) – это конструкторские базы, определяющие положение детали в сборочной единице. ОБ лишают деталь необходимого числа степеней свободы – перемещения вдоль координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

**Вспомогательные** конструкторские базы (ВБ) – это конструкторские базы, определяющие положение присоединяемых деталей относительно данной детали. С помощью ВБ данная деталь лишает присоединяемые детали определенного числа степеней свободы.

Перед систематизацией все поверхности детали нумеруют по порядку, начиная с 1. Номера поверхностей указывают на чертеже детали синим или фиолетовым цветом в кружках на выносках. При этом допускается пересечение выносками основных и вспомогательных линий чертежа (при выполнении учебного задания на ПК допускается обозначение поверхностей черным цветом, при этом число пересечений необходимо свести к минимуму). Размер цифр, обозначающих поверхность, на 1 – 2 номера больше цифр, обозначающих размеры.

При анализе исходных данных для разработки ТП механической обработки детали поверхности делят на 4 группы: И, ОБ, ВБ, С. При этом некоторые поверхности могут выполнять несколько функций и соответственно относиться к нескольким типам (например, И и ВБ).

Далее технолог проверяет полноту задания требований к узлу или детали на чертеже. Так, на чертеже детали должны быть указаны марка материала и вид заготовки (отливка, поковка, прокат) со ссылкой на соответствующие стандарты и задана твердость всех поверхностей. Должны быть представлены все размеры, необходимые для изготовления и контроля – величина каждой поверхности (длина, ширина, высота, радиус), ее положение (расстояние от оси или другой поверхности, угол), справочные размеры (получаемые по другому чертежу, замыкающие размеры цепи). На каждый размер должна быть задана точность в виде поля допуска или предельных отклонений, проставленных возле номинального размера или в технических требованиях. На каждую поверхность должна быть назначена шероховатость условным знаком на контурной или выносной линии, либо в правом верхнем углу чертежа. Должны быть заданы необходимые допуски формы и расположения – прямолинейности, плоскостности, круглости, цилиндричности, профиля продольного сечения и т. п. в виде условного обозначения или пункта технических требований.

Проверяют также правильность задания требований на чертеже. Все требования должны быть заданы по ГОСТ и стандартам предприятий (СТП), чтобы исключить их неоднозначное толкование). Размеры должны задаваться преимущественно от одной базы. Форма и размеры шпоночных пазов, фасок, канавок, радиусов переходов, галтелей и др. элементов должны соответствовать ГОСТ.

После анализа чертежа детали исходные данные заносят в таблицу (см. табл. 1.4), в которой указывают номер, тип и форму каждой поверхности, их

размеры с допусками и качеством точности, вид и величину погрешностей формы и расположения и соответствующий этой величине качеству точности, шероховатость.

Если точность размеров на чертеже указана в виде индекса посадки и качества (например, 50к6) или в виде предельных отклонений (например,  $^{+0,018}_{+0,002}$ ), либо в пункте технических требований указанием посадки и качества (например, h14,  $\pm IT14/2$ ), то недостающие для заполнения граф 5 и 6 табл. 1.4 сведения берут из табл. 1.1 и 1.2.

Если точность формы или расположения задана условным обозначением с указанием предельного отклонения Tr по ГОСТ 2.308-79, то условный качество точности определяют по табл. 1.3.

## 2. Справочные данные

Таблица 1.1

### Допуски на размеры по ГОСТ 25346-82

Разм. мм, до	Допуск Td, мкм							Допуск Td, мм					
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19
10	9	15	22	36	58	90	150	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	3,6
18	11	18	27	43	70	110	180	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	4,3
30	13	21	33	52	84	130	210	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	5,2
50	16	25	39	62	100	160	250	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	6,2
80	19	30	46	74	120	190	300	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	7,4
120	22	35	54	87	140	220	350	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	8,7
180	25	40	63	100	160	250	400	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	10,0
250	29	46	72	115	185	290	460	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	11,5
315	32	52	81	130	210	320	520	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	13,0
400	36	57	89	140	230	360	570	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	14,0
500	40	63	97	155	250	400	630	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	05,5
630	44	70	110	175	280	440	700	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	17,5
800	50	80	125	200	320	500	800	1,25	2,0	3,2	5	8,0	20,0
1000	56	90	140	230	360	560	900	1,4	2,3	3,6	5,6	9,0	23,0

Таблица 1.2.

## Пределные отклонения валов по ГОСТ 25346-82

Разм. мм, до	Пределные отклонения, мкм										
	g6	k6	f7	k7	e8	k8	d9	d10	d11	b12	b14
10	-5	+10	-13	+16	-25	+23	-40	-40	-40	-150	-150
	-14	+1	-28	+1	-47	+1	-75	-98	-130	-300	-510
18	-6	+12	-16	+19	-32	+28	-50	-50	-50	-150	-150
	-17	+1	-34	+1	-59	+1	-93	-120	-160	-330	-580
30	-7	+15	-20	+23	-40	+35	-65	-65	-65	-160	-160
	-20	+2	-41	+2	-73	+2	-117	-149	-195	-370	-680
50	-9	+18	-25	+27	-50	+41	-80	-80	-80	-170	-170
	-25	+2	-50	+2	-89	+2	-142	-180	-240	-420	-790
80	-10	+21	-30	+32	-60	+48	-100	-100	-100	-190	-190
	-29	+2	-60	+2	-106	+2	-174	-220	-290	-490	-930
120	-12	+25	-36	+38	-72	+57	-120	-120	-120	-220	-220
	-34	+3	-71	+3	-126	+3	-207	-260	-340	-570	-1090
180	-14	+28	-43	+43	-85	+66	-145	-145	-145	-280	-280
	-39	+3	-83	+3	-148	+3	-245	-305	-395	-680	-1280
250	-15	+33	-50	+50	-100	+76	-170	-170	-170	-380	-380
	-44	+3	-96	+4	-172	+4	-285	-355	-460	-840	-1530
315	-17	+36	-56	+56	-110	+85	-190	-190	-190	-480	-480
	-49	+4	-108	+4	-191	+4	-320	-400	-510	-1000	-1780
400	-18	+40	-62	+61	-125	+93	-210	-210	-210	-600	-600
	-54	+4	-119	+4	-214	+4	-350	-440	-570	-1170	-2000
500	-20	+45	-68	+68	-135	+101	-230	-230	-230	-760	-760
	-60	+5	-131	+5	-232	+4	-385	-480	-630	-1340	-2310
630	-22	+44	-76	+70	-145		-260	-260	-260		
	-66	0	-146	0	-255		-435	-540	-700		
800	-24	+50	-80	+80	-160		-290	-290	-290		
	-74	0	-160	0	-285		-490	-610	-790		
1000	-26	+56	-86	+90	-170		-320	-320	-320		
	-82	0	-176	0	-310		-550	-680	-880		

Таблица 1.3

Допуски формы и расположения в мкм по ГОСТ 24643-81

Размер, мм	Радиальное биение, соосность, симметричность для качества										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Параллельность, перпендикулярность, торцевое биение для качества										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Св. 10 до 16	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
“ 16 “ 25	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
“ 25 “ 40	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
“ 40 “ 63	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
“ 63 “ 100	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
“ 100 “ 160	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
“ 160 “ 250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
“ 250 “ 400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
“ 400 “ 630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
“ 630 “ 1000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600

### 3. Задачи работы

По сборочному чертежу выполнить рабочий чертеж заданной детали.

Описать служебное назначение и условия работы детали.

Пронумеровать и систематизировать поверхности детали.

Проанализировать технические требования к детали.

### 4. Пример выполнения работы №1

Деталь — «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001.

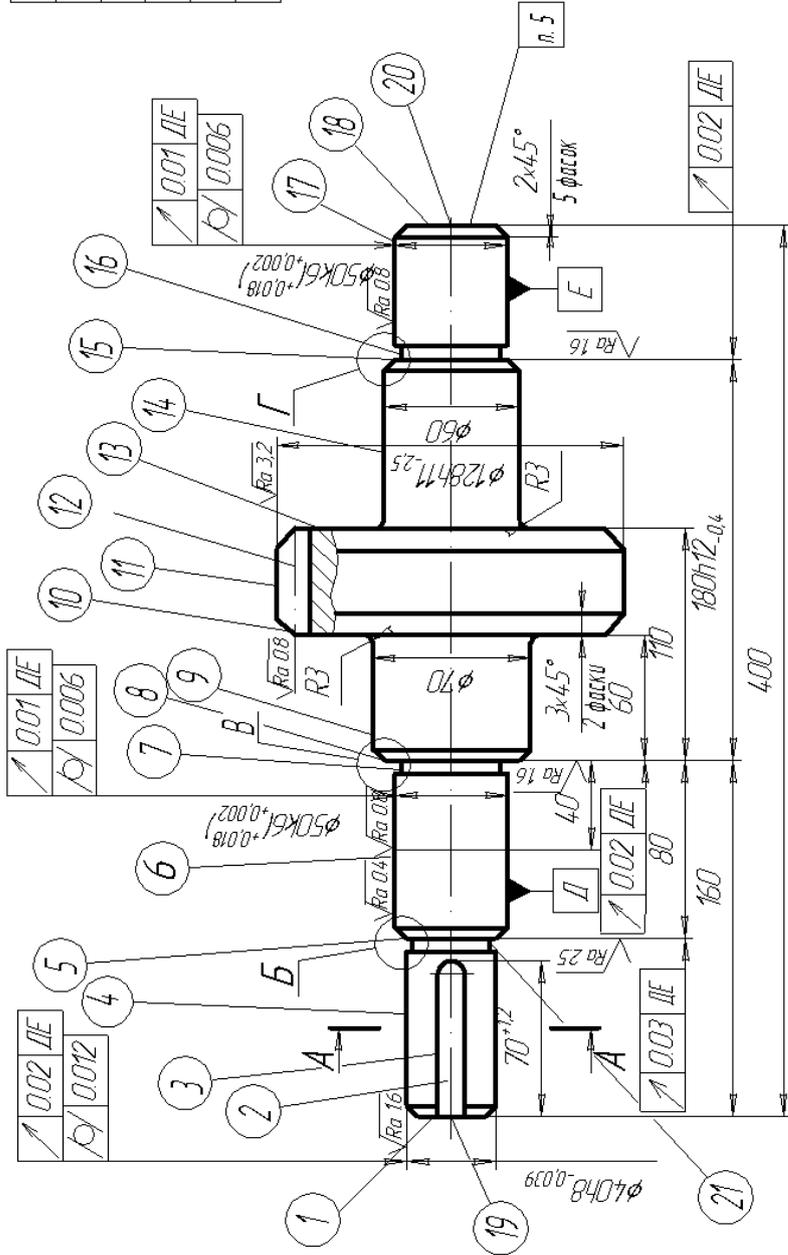
#### 1.1 Служебное назначение и условия работы детали

Деталь «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001, является быстроходным валом цилиндрического редуктора и предназначена для передачи крутящего момента от привода к промежуточному валу редуктора. Вал-шестерня получает вращение от привода через муфту, установленную по пов. (4) на шпонке, и воспринимает крутящий момент боковыми поверхностями (3) шпоночного паза. Вал-шестерня передает крутящий момент боковыми поверхностями (12) зубьев зубчатого венца зубьям венца промежуточного вала. Вал-шестерня установлен в подшипниках качения в корпусе редуктора.

07.ТМ.13.001

$\sqrt{Ra 125} \sqrt{V}$

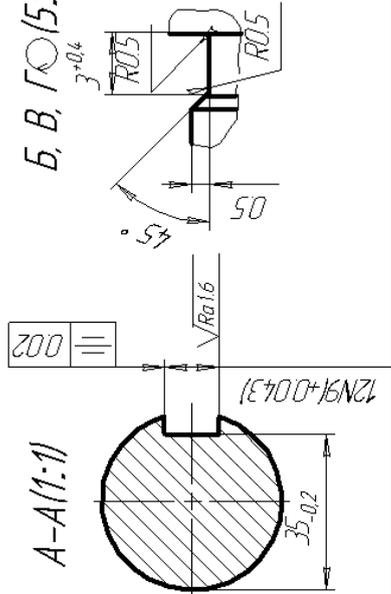
Модуль	m	4
Число зубьев	Z	29
Угол наклона зуба	$\beta$	15°
Направление зуба	-	право
Степень точности	-	6
Диаметр делит окруж	d	120



1.46 ± 2 HRC

- Неуказанные предельные отклонения размеров диаметров h14, остальных ЛТ14/2
- Центровые отв. А 6.3 ГОСТ 14.034-94
- Кромки зубьев притупить фаской 0.5x45°
- Маркировать 06.ТМ.13.001

Б, В, Г (5:1)



07.ТМ.13.001

Изм/Лист	Изм	Листов	Масса	Масштаб
	К	1/1	111	1:2
Разработ	Н. докин	Лист 1	Листов 1	
Провер	Костин	ИТУ АМИ		
Т. контр	Горбев	20. МК-502		
Рисов	Н. контр			
Угол				

Вал-шестерня

Сталь 40ХТМ  
ГОСТ 4543 - 71

Вал-шестерня работает в условиях действия радиальной знакопеременной сосредоточенной нагрузки и крутящего момента. Зубья зубчатого венца испытывают действие изгибающего усилия, контактного давления и сил трения. Под действием последних происходит нагрев и изнашивание зубьев.

## 1.2 Систематизация поверхностей

Все поверхности детали на эскизе нумеруем и систематизируем по их назначению.

**Исполнительные** поверхности (И), выполняющие служебные функции вала-шестерни – передачу крутящего момента – боковые поверхности ⑫ зубьев и боковые пов. ③ шпоночного паза.

**Основные** конструкторские базы (ОБ), определяющие положение вала-шестерни в редукторе – цилиндрические подшипниковые шейки, пов. ⑥ и ⑰, и торцовая пов. ⑧.

**Вспомогательные** конструкторские базы (ВБ), определяющие положение присоединяемых деталей – цилиндрическая пов. ④, торцовая пов. ⑤, шпоночный паз, пов. ② и ③, торцовая пов. ⑮.

**Свободные** поверхности (С), не соприкасающиеся с другими деталями, – пов. ①, ⑦, ⑨, ⑩, ⑪, ⑬, ⑭, ⑯, ⑱.

Номера поверхностей и их назначение заносим в графы 1-3 табл. 1.4. В таблице приняты обозначения формы поверхностей:

- Ц - цилиндрическая наружная,
- КВ - коническая внутренняя,
- П - плоская,
- Ф - фасонная.

## 1.3 Анализ технических требований

Марка материала – сталь 40ХГНМ, ГОСТ 4543-71, указана в основной надписи. Твердость 46±2 HRC, п.1 технических требований. На чертеже даны все размеры, необходимые для изготовления и контроля детали. Точность размеров задана комбинированным способом в виде посадки, качества точности и предельных отклонений по ГОСТ 2.307-79. Точность свободных размеров 14 квалитет, п.2 технических требований. Шероховатость поверхностей указана

непосредственно на изображении и в правом верхнем углу чертежа. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧, ⑮, ⑰ заданы в виде условных обозначений по ГОСТ 2.308-79, отклонения для остальных поверхностей должны укладываться в допуск на размер.

Форма и размеры шпоночного паза заданы по ГОСТ 23360-78. Фаски и радиусы закруглений выполнены по ГОСТ 10948-64.

Таблица 1.4.

## Характеристика поверхностей детали «Вал – шестерня»

Поверхность			Размеры			Форма, расположение			Ше- рохов.
№	Тип	Фор- ма	Зна- чен., мм	До- пуск, мм	Ква- лит. точн	По- греш	До- пуск, мм	Ква- лит. точн	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	С	П	160	1,0	14				12,5
2	ВБ	П	35	0,2	12				12,5
3	И,ВБ	П	12	0,043	9	≡	0,02	9	3,2
4	ВБ	Ц	40	0,039	8	○	0,008	8	1,6
						↗	0,03	9	
5	ВБ	П	80	0,74	14	↗	0,05	10	3,2
6	ОБ	Ц	50	0,016	6	○	0,006	7	0,4
						↗	0,006	6	
7	С	Ф	3	0,4	14				12,5
8	ОБ	П			12	↗	0,02	8	2,5
9	С	Ц	70	0,74	14				12,5
10	С	П	60	0,74	14				12,5
11	С	Ц	120	0,25	11				3,2
12	И	Ф			6 ст.				0,8
13	С	П	110	0,87	14				12,5
14	С	Ц	60	0,74	14				12,5
15	ВБ	П	180	0,4	12	↗	0,03	8	2,5
16	С	Ф	3	0,4	14				12,5
17	ОБ	Ц	50	0,016	6	○	0,006	7	0,8
						↗	0,006	6	
18	С	П	400	1,4	14				12,5
19	ТБ	КВ	13,2	0,043	9				0,8
20	ТБ	КВ	13,2	0,043	9				0,8
21	С	Ф	3		14				12,5

Вывод: черт. 07. ТМ. 13. 001 содержит все необходимые сведения для разработки ТП обработки детали “Вал промежуточный”.

## 2. Анализ технологичности детали

*Цель работы* – научиться анализировать технологичность конструкции детали по ее рабочему чертежу.

### 1. Общие положения

Под **технологичностью** детали понимают совокупность ее свойств, позволяющих изготовить деталь с наименьшими затратами.

Перед тем, как приступить к разработке ТП, технолог должен проанализировать конструкцию детали с точки зрения ее технологичности и в случае необходимости дать предложения по изменению конструкции с целью повышения ее технологичности.

Оценку технологичности детали проводят по 4 группам признаков (критериев технологичности):

- технологичность заготовки
- технологичность общей конфигурации детали
- технологичность базирования и закрепления
- технологичность обрабатываемых поверхностей.

#### 1.1. Технологичность заготовки

С точки зрения снижения себестоимости обработки заготовка должна быть максимально приближена по форме к готовой детали. Однако усложнение заготовки ведет к повышению ее стоимости. Оптимальную сложность заготовки и способ ее получения определяют путем экономического анализа (см. работу №4). Кроме того, технологичность заготовки характеризуется следующими критериями:

1) **Обрабатываемость** материала заготовки. Обрабатываемость материала – это способность его к обработке резанием. Характеризуется коэффициентом обрабатываемости

$$K_0 = \frac{V}{V_0}, \quad (2.1)$$

где  $V$  и  $V_0$  – скорость резания при стойкости инструмента 60 мин. при обработке соответственно данного материала и стали 45 твердостью НВ 179. По значению  $K_0$  материалы разделяют на 5 групп: св.1,5 – высокая обрабатываемость; 1,5...1,0 – повышенная; 1,0...0,8 – удовлетворительная; 0,8...0,5 – пониженная; менее 0,5 – низкая. Ухудшение обрабатываемости снижает производительность и удорожает изготовление детали. Следовательно, чем выше обрабатываемость, тем выше уровень технологичности.

2) Использование **унифицированной** заготовки. Применение проката, в т.ч. профильного, сокращает мехобработку. Применение одинаковых заготовок для групп деталей хотя и удорожает мехобработку, может существенно снизить затраты на заготовку.

3) Возможность получения заготовки **рациональным способом**. Рациональной считают заготовку, в которой все элементы имеют простую геометрическую форму и плавно сопряжены друг с другом. Литая заготовка должна иметь достаточную толщину стенок, литейные уклоны, по возможности не иметь стержней. Штампованная заготовка должна иметь плоскую поверхность разъема, штамповочные уклоны, расположение выступающих элементов с одной стороны, высоту меньше длины и ширины. Иногда целесообразно сложную заготовку выполнить сварной.

4) Окончательное **формирование свободных поверхностей** на заготовительных операциях. Поскольку свободные поверхности не контактируют с др. деталями во время работы машины, их следует по возможности получать без обработки резанием, что существенно снизит затраты на обработку в целом.

## 1.2. Технологичность общей конфигурации

1) Использование стандартных и **унифицированных** элементов. Унификация диаметров проката, толщины листа, диаметров валов и осей, межосевых расстояний, посадочных размеров, галтелей, фасок, радиусов, уклонов позволяет унифицировать инструмент и приспособления, применять высокопроизводительное оборудование.

2) Возможность применения **типового** ТП. Применение группового и типового ТП с наименьшими изменениями удешевляет разработку ТП и гарантирует его качество. Эта возможность повышается при приближении конструкции данной детали к базовой за счет унификации ее элементов.

3) Возможность **одновременной** обработки **нескольких заготовок**. Конфигурация детали должна позволять устанавливать несколько заготовок в одном приспособлении, обрабатывать совместно сопрягаемые детали.

4) Возможность **одновременной** обработки **нескольких поверхностей**. Обрабатываемые поверхности следует располагать так, чтобы можно было обработать их одновременно несколькими инструментами: торцы бобышек располагать в одной плоскости, отверстия – с межцентровым расстоянием не менее 50 мм.

5) Возможность применения **простых** средств технологического оснащения, средств **механизации** и автоматизации. Следует избегать расположения отверстий и торцов бобышек под углом к базе, обеспечивать вход и выход осевого инструмента под углом, близким к  $90^\circ$  к поверхности, избегать фасок на поверхностях сложного профиля.

б) **Доступ** к местам обработки и контроля. Удобный доступ к обрабатываемым поверхностям позволяет применить более простую оснастку для обработки и контроля.

### 1.3. Технологичность базирования и закрепления

1) Наличие **опорных поверхностей** (баз). Чтобы лишить заготовку определенного числа степеней свободы (перемещений, поворотов) при установке в приспособлении, она должна иметь соответствующее количество баз. Отсутствие баз требует дополнительной выверки каждый раз при установке новой заготовки. Наиболее технологичной является конструкция, позволяющая полностью обработать деталь от одних и тех же баз. При этом базы должны иметь достаточные размеры, обеспечивающие устойчивое положение при обработке.

2) **Совпадение** технологической и измерительной баз. **Технологическая база** – это поверхность, по которой заготовка устанавливается в приспособлении при обработке. **Измерительная база** – поверхность, от которой производят измерение размера после обработки. Минимальная погрешность будет при их совпадении.

3) **Точность** и **шероховатость** базовых поверхностей. Чтобы обеспечить точность установки при обработке и контроле, базовые поверхности сами должны иметь достаточную точность формы и шероховатость.

4) **Возможность захвата** роботом. При обработке с использованием роботов заготовка должна иметь поверхность захвата, соответствующую типу схвата робота и расположенную возможно ближе к центру тяжести заготовки.

### 1.4. Технологичность обрабатываемых поверхностей

1) **Номенклатура** обрабатываемых поверхностей. Уменьшение номенклатуры обрабатываемых поверхностей по форме, размерам, точности, шероховатости за счет их унификации сокращает цикл обработки, номенклатуру режущего и мерительного инструмента, облегчает настройку станков.

2) **Количество** и **протяженность** обрабатываемых поверхностей. Число поверхностей обработки и их величина определяются служебным назначением детали. После достижения оптимального значения дальнейшее их увеличение не улучшает существенно выполнение деталью своих функций и в то же время удорожает обработку. Технологичной является замена сплошной опорной обрабатываемой поверхности опорными выступами.

3) **Точность** и **шероховатость**. Эти показатели также обусловлены служебным назначением детали. Стоимость обработки резко возрастает с повышением требований к точности и шероховатости поверхности. Поэтому предельные отклонения размеров и формы, шероховатость поверхностей детали должны быть максимальными, допустимыми требованием к выполнению деталью своих функций.

4) Возможность **обработки на проход**. Расположение поверхностей с возможностью обработки их при одном установе сокращает число переустановок заготовки, что повышает точность обработки и сокращает вспомогательное время операции. Технологичными являются расположение поверхностей ступенчатого вала по одну сторону бурта, отсутствие выступов на плоской обрабатываемой поверхности, соосное расположение отверстий, меньший диаметр внутреннего отверстия по отношению к наружному или их равенство, замена отверстий с двух сторон одним сквозным отверстием, замена глухих отверстий на сквозные.

5) **Разделение поверхностей** различного назначения. Поверхности детали, имеющие различное служебное назначение, различаются конфигурацией, точностью, шероховатостью, что требует различных условий их обработки. Для обеспечения этого необходимо отделять поверхности различного назначения друг от друга канавкой, уступом.

6) Возможность **выхода инструмента**. При обработке поверхности инструмент не должен касаться других поверхностей. Конструкция детали должна предусматривать возможность выхода инструмента в конце рабочего хода, например, наличие канавки.

## 2. Задачи работы

Проанализировать технологичность данной детали и в случае необходимости дать предложения по изменению конструкции детали.

### 3. Пример выполнения работы №2

Деталь — «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001.

#### 2.1 Технологичность заготовки

Материал детали – сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71: 0,36...0,44 % С; 0,17...0,37% Si; 0,6...0,9% Mn; 0,6...0,9% Cr; 0,7...1,1% Ni; 0,15...0,25% Mo; 0,15...0,3 Pb . Твёрдость в состоянии поставки до 241 НВ, после закалки- 46 HRC. Прочность  $\sigma_b$  в состоянии поставки до 795 МПа, после закалки- 880...1080 МПа [1] .Эти механические характеристики обеспечивают нормальную работу вала-шестерни в редукторе. Материал не является дефицитным. Термообработка выполняется по типовому техпроцессу и не требует специальных условий. Сталь имеет удовлетворительную обрабатываемость резанием, коэффициент обрабатываемости  $K_0=0,8$  при обработке твёрдосплавным инструментом и  $K_0=0,7$  при обработке инструментом из быстрорежущей стали [1] .

Заготовку вала можно получить как из проката, так и обработкой давлением – штамповкой или высадкой. В обоих случаях форма заготовки и её элементов достаточно простая.

Свободные поверхности выполнены по 14 квалитету точности. На заготовительных операциях такой точности не добиться, поэтому предусматривается обработка всех поверхностей

Таким образом, с точки зрения получения заготовки, деталь можно считать технологичной.

## 2.2 Технологичность общей конфигурации

Радиусы закруглений и фаски выполняются по ГОСТ 10948-64, форма и размеры канавок – по ГОСТ 8820-69, размеры шпоночного паза – по ГОСТ 23360-78. Такая унификация упростит обработку и контроль этих элементов вала-шестерни.

Вал-шестерню можно отнести к типу деталей “Валы”, для которых разработан типовой ТП. Деталь не содержит каких-либо специфических особенностей формы, поэтому может быть обработана непосредственно по типовому ТП.

Форма детали позволяет вести обработку одновременно нескольких поверхностей – цилиндрических (4), (6), (9), (11) и торцовых (5), (8), (10); цилиндрических (17), (14), (11) и торцовых (13), (15). Одновременно несколько заготовок удастся обработать только на многошпиндельном станке, что вряд ли целесообразно для серийного производства. В остальных случаях оборудование может быть простым, универсальным. Оснастку можно также применить универсальную. Все поверхности вала-шестерни доступны для контроля.

Таким образом, с точки зрения общей компоновки детали, её можно считать технологичной.

## 2.3 Технологичность базирования и закрепления

Черновыми базами для установки заготовки на 1-й операции могут быть цилиндрические шейки и торцовые поверхности заготовки. В дальнейшем за базы могут быть приняты как цилиндрические поверхности (4), (6), (17), так и специально выполненные центровые отверстия (19) и (20) по ГОСТ 14034-74.

Измерительные базы детали можно использовать в качестве технологических баз. Точность и шероховатость этих баз обеспечит требуемую точность обработки. В случае применения гибкого технологического модуля имеется возможность захвата заготовки роботом за пов. (9).

Таким образом, с точки зрения базирования и закрепления, деталь следует считать технологичной.

## 2.4 Технологичность обрабатываемых поверхностей

Предполагается обработать все поверхности детали, т.к. заданные точность и шероховатость не позволяют получить их на заготовительных операциях. Правда, можно исключить из обработки торцы пов. (1) и (18) в случае обеспечения их точности и шероховатости при отрезке проката, но целесообразность этого может быть установлена только после детального анализа. Всего обрабатывается 18 поверхностей: 6 цилиндрических (4), (6), (9), (11), (14), (17); 7 торцовых (1), (5), (8), (10), (13), (15), (18); зубья (12); шпоночный паз пов. (2), (3); 2 канавки пов. (7) и (16). Т.е., даже при полной обработке число обрабатываемых поверхностей относительно невелико.

Протяжённость обрабатываемых поверхностей относительно невелика и определяется условиями компоновки редуктора и работы вала-шестерни.

Точность и шероховатость рабочих поверхностей (3), (4), (5), (6), (8), (12), (15), (17) определяются условиями работы вала-шестерни. Уменьшение точности приведёт к снижению точности установки вала в редукторе и надёжности его работы. Увеличение шероховатости этих поверхностей приведёт к снижению надёжности сопряжений и интенсивному изнашиванию поверхностей.

Форма детали позволяет обрабатывать пов. (1), (6), (11), (17), (18) на проход.

Обработка поверхностей (3), (4), (5), (7), (8), (9), (10), (13), (14), (15), (16) в упор затруднений не вызывает.

Поверхности различного назначения разделены, что облегчает обработку. Для выхода резца и шлифовального круга при обработке пов. (6) и (17) предусмотрены канавки (7) и (16). Нетехнологичным следует считать отсутствие канавки для выхода шлифовального круга на пов. (4), что затрудняет её обработку. По согласованию с конструктором введём такую канавку, пов. (21), что не ухудшит эксплуатационные свойства детали, но сделает её более технологичной.

Таким образом, с точки зрения обрабатываемых поверхностей деталь следует считать технологичной.

Поскольку деталь “Вал-шестерня” отвечает требованиям технологичности по всем 4 группам критериев, можно сделать вывод о её достаточно высокой технологичности.

### 3. Выбор стратегии разработки техпроцесса

*Цель работы* – научиться определять стратегию разработки ТП механической обработки.

#### 1. Общие сведения

**Стратегия** разработки ТП – принципиальный подход к определению его составляющих (показателей ТП), которые определяются в первую очередь типом производства, а также его технологическими возможностями.

**Тип производства** характеризуется годовым объемом выпуска данных деталей и их сложностью, размерами, массой. Ориентировочно тип производства можно определить по формуле:

$$N_0 = Nm^{0.7} K_T \quad (3.1)$$

где  $m$  – масса детали, кг;

$N_0$  и  $N$  – расчетный и фактический объемы выпуска, дет/год;

$K_T$  – коэффициент трудоемкости изготовления (сложности) детали; для средней сложности  $K_T = 1$ , простой –  $K_T = 0,75$ , сложной –  $K_T = 1,35$ .

Тогда при  $N_0 < 400$  производство считают единичным,

400...2300 – мелкосерийным,

2300...15000 – среднесерийным,

15000...100000 – крупносерийным,

$N_0 > 100000$  – массовым.

**Показатели** ТП можно разделить на 6 групп, характеризующих организацию ТП, заготовку, технологический маршрут, средства технологического оснащения (СТО), технологические операции, нормирование ТП.

Наиболее вероятные показатели по каждой из этих групп для единичного, серийного и массового типов производства приведены в таблице 3.1. При мелкосерийном типе производства применяют промежуточные значения показателей между единичным и серийным типами, а при крупносерийном – между серийным и массовым типами.

#### 2. Задачи работы

По заданному объему выпуска определить тип производства.

Для данного типа производства определить показатели ТП по всем 6 группам.

Таблица 3.1.

## Показатели ТП для различных типов производства

Группа	Показатель ТП	Тип производства		
		Единичное	Серийное	Массовое
1	2	3	4	5
1. Организация ТП	1.1. Вид стратегии разработки ТП	последовательная линейная жесткая	промежуточные характеристики	циклическая разветвленная адаптивная
	1.2. Повторяемость изделий	отсутствие заранее обусловленной повторяемости	периодическое повторение партий	непрерывный выпуск в течение длительного времени
	1.3. Форма организации ТП	групповая; как исключение – индивидуальная	переменно – поточная (партионная) или непоточная	поточная
2. Заготовка	2.1. Метод получения заготовки	прокат, литье в землю, свободная ковка	профильн. прокат, литье в кокиль, штамповка	спецпрокат, точное литье, штамповка, редуцирование
	2.2. Выбор последовательности обработки	по укрупненным таблицам	по таблицам с учетом коэффициентов удельных затрат	аналитический по коэффициентам уточнения
	2.3. Припуск на обработку	значительный	незначительный	минимальный
	2.4. Метод определения припусков	укрупненный по таблицам	расчет по переходам	детальный на базе размерного анализа

Продолжение табл.3.1

1	2	3	4	5
3. Технологический маршрут	3.1. Степень унификации ТП	преимущественное использование типовых ТП	разработка спец. ТП на базе типовых	разработка спец. ТП на базе анализа
	3.2. Степень детализации разработки ТП	маршрутный	маршрутно-операционный	пооперационный
	3.3. Принцип формирования	экстенсивная концентрация операций	комбинированный	интенсивная концентрация операций, дифференциация операций
	3.4. Синхронизация операций	отсутствует	слабая	жесткая
	3.5. Обеспечение точности	пробные ходы	на настроенном оборудовании, с частичным применением активного контроля	на настроенном оборудовании с активным контролем и адаптивным управлением
	3.6. Базирование	постоянство баз	постоянство и частичное совмещение баз	совмещение и постоянство баз

4. Выбор СТО	4.1. Оборудование	универсальное в т.ч. с ЧПУ, ГТС	универсальное и специализированное (модернизированное)	специализированное и специальное
	4.2. Приспособления	универсальные, универсально – сборные	универсальные, нормализованные, специальные	в основном специальные
	4.3. Режущие инструменты	стандартные, нормализованные	стандартные, нормализованные, специальные	в основном специальные
	4.4. Средства контроля	универсальные	универсальные, модернизированные	в основном специальные

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5
5. Технологические операции	5.1 Содержание операций	обработка нескольких поверхностей исходя из возможностей оборудования	одновременная обработка нескольких поверхностей за счет модернизации СТО	одновременная обработка максимального числа поверхностей, в т.ч. за счет применения спец. СТО
	5.2. Загрузка оборудования	загрузка различными деталями без закономерности	периодическая смена деталей на станках	непрерывная загрузка станков одними деталями
	5.3. Коэффициент закрепления операций	св. 40	св. 1 до 40	1
	5.4. Расстановка оборудования	по типам и размерам станков (технологическая специализация участков)	комбинированная (технологическая и предметная специализация)	по ходу ТП (предметная специализация участков)
	5.5. Настройка станков	отсутствие настройки, работа по промерам	по измерительным инструментам и приборам	по эталону

6. Нормирование ТП	6.1. Определение режимов резания	по общемашино-строительным нормативам	по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам	аналитически, на базе математической модели
	6.2. Нормирование	укрупненное по опытно-статистическим нормам	детальное пооперационное	детальное на основании хронометража
	6.3. Квалификация рабочих	высокая	различная	низкая при высокой квалификации наладчиков
	6.4. Технологические карты	маршрутные	маршрутно-операционные	операционные с детализацией по переходам

### 3. Пример выполнения работы №3

Деталь — «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Объем выпуска  $N = 2000$  дет/год.

#### 3.1. Определение типа производства

Тип производства определяем исходя из расчетного объема выпуска  $N_0$ , дет/год:

$$N_0 = Nm^{0.7} K_T \quad (3.1)$$

где  $m$  — масса детали,  $m = 9$  кг;

$K_T$  — коэффициент трудоемкости изготовления, для детали средней сложности  $K_T = 1$ .

$$N_0 = 2000 \cdot 9^{0.7} \cdot 1 = 9300$$

что соответствует среднесерийному производству.

#### 3.2. Выбор стратегии разработки ТП

Пользуясь табл. 3.1, принимаем следующую стратегию разработки ТП:

1) В области организации ТП:

Вид стратегии — последовательная, в отдельных случаях циклическая; линейная, в отдельных случаях разветвленная; жесткая, в отдельных случаях адаптивная.

Повторяемость изделий — периодическая партиями.

Форма организации ТП – переменнo-пoтoчнaя или непoтoчнaя.

2) В области выбора и проектирования заготовки:

Метод получения заготовки – прокат или штамповка.

Выбор методов обработки – по таблицам с учетом коэффициентов удельных затрат  $K_{уд}$ .

Припуск на обработку незначительный.

Метод определения припусков – укрупненный по таблицам, в отдельных случаях расчёт по переходам.

3) В области разработки технологического маршрута:

Степень унификации ТП – разработка ТП на базе типового ТП.

Степень детализации разработки ТП – маршрутный ТП, в отдельных случаях – маршрутно-операционный ТП.

Принцип формирования маршрута – экстенсивная, в отдельных случаях интенсивная концентрация операций.

Обеспечение точности – работа на настроенном оборудовании, с частичным применением активного контроля.

Базирование – с соблюдением принципа постоянства баз и по возможности – принципа совмещения баз.

4) В области выбора средств технологического оснащения (СТО):

Оборудование – универсальное, в том числе с ЧПУ.

Приспособления – универсальные, стандартные, универсально-сборные, в отдельных случаях специальные.

Режущие инструменты – стандартные, в отдельных случаях специальные.

Средства контроля – универсальные, в отдельных случаях модернизированные.

5) В области проектирования технологических операций:

Содержание операций – по возможности одновременная обработка нескольких поверхностей, исходя из возможностей оборудования.

Загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках.

Коэффициент закрепления операций  $K_{з0} = 20 \dots 30$ .

Расстановка оборудования – по типам и размерам станков, местами по ходу ТП.

Настройка станков – по измерительным инструментам и приборам, либо работа без предварительной настройки, по промерам.

6) В области нормирования ТП:

Определение режимов резания – по общемашиностроительным нормативам, в отдельных случаях – по эмпирическим формулам.

Нормирование – укрупненное по опытно-статистическим нормам, в отдельных случаях – детальное пооперационное.

Квалификация рабочих – достаточно высокая.

Технологическая документация – маршрутно-операционные карты.

Принятой стратегией мы будем руководствоваться при разработке ТП.

## 4. Выбор метода получения заготовки

*Цель работы* – овладеть методикой экономически обоснованного выбора оптимального метода получения заготовки детали.

### 1. Общие положения

Выбор метода получения заготовки определяется технологическими возможностями как заготовительного производства, так и механической обработки. Чем точнее заготовка, чем ближе она по форме к готовой детали, тем меньше мехобработки она требует, меньше расход металла, дешевле мехобработка. Но сама заготовка при этом тоже становится дороже. Если же взять простую, дешевую заготовку, возрастают отходы металла и затраты на мехобработку.

На первой стадии разработки ТП при выборе вариантов метода получения заготовки можно руководствоваться таблицей 4.1. Согласно табл. 4.1 метод получения заготовки определяется типом детали (корпус, вал, диск, втулка), видом материала (чугун, сталь, алюминиевый сплав, бронза), сложностью формы детали, типом производства (единичное, серийное, массовое). Наиболее распространенными методами получения заготовок являются: литье в земляные (песчаные) формы (ЛЗ), литье в металлические формы (кокили) (ЛМ), литье по выплавляемым моделям (ЛВ), литье в оболочковые формы (ЛО), литье под давлением (ЛД), центробежное литье (ЦЛ), свободная ковка (К), штамповка (Ш), холодная штамповка (ХШ). Иногда целесообразно в качестве заго-

товки принимать прокат (П) – круг, шестигранник, трубу, лист. Средняя точность заготовок, обеспечиваемая этими методами, приведена в табл. 4.3.

Следует иметь в виду, что каждый метод имеет несколько технологических разновидностей, из которых тоже важно выбрать оптимальные для данных условий.

Если имеется несколько альтернативных методов получения заготовки, ни один из которых не имеет явного преимущества перед остальными, необходимо провести экономический анализ. В качестве критерия оптимальности при выборе наиболее выгодного метода получения заготовки в первом приближении можно принять минимальный объем  $C$ , руб., переменной доли затрат на получение заготовки  $C_3$  и ее механическую обработку  $C_m$ , которые зависят от метода получения заготовки:

$$C = C_3 + C_m \quad (4.1)$$

Переменные затраты на получение заготовки  $C_3$ , руб., составляют:

$$C_3 = C_m \cdot M_3 \cdot K_{сп} \cdot K_{сл} \quad (4.2)$$

где  $C_m$  – цена 1 кг исходного материала, которую определяют по действующим на момент анализа прейскурантам. Для некоторых конструкционных материалов ориентировочное значение  $C_m$  приведено в табл. 4.2;

$M_3$  – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ ,  $K_{сл}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно способ получения заготовки и ее сложность. Ориентировочные значения этих коэффициентов для различных условий приведены в табл. 4.3 и 4.4

Переменные затраты на механическую обработку  $C_m$ , руб., составляют:

$$C_m = C_{уд} \cdot (M_3 - M_d) / K_o \quad (4.3)$$

где  $C_{уд}$  – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой мехобработке, руб./кг. Значение  $C_{уд}$  берут по данным предприятия. При отсутствии таких данных для предварительных расчетов можно воспользоваться таблицей 4.5;

$M_d$  – масса детали, кг;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала, значения которого приведены в справочной литературе. Для некоторых конструкционных материалов значения  $K_o$  приведены в таблице 4.6.

Отметим, что данная методика пригодна и при изменении цен, поскольку их соотношение, как правило сохраняется. Однако это справедливо только для оценки правильности выбора метода получения заготовки. При определении же себестоимости изготовления детали следует пользоваться специальной литературой.

## 2. Справочные данные

Таблица 4.1

### Методы получения заготовок

Тип	Мате-	Форма заготовки
-----	-------	-----------------

детали	риал	простая			средней сложности			сложная		
		Тип производства								
		един.	сер.	масс.	един.	сер.	масс.	един.	сер.	масс.
Корпус	Чугун	ЛЗ	ЛЗ,ЛМ		ЛЗ	ЛЗ,ЛМ		ЛЗ	ЛО	
	Сталь	ЛЗ,К	ЛМ,Ш		ЛЗ	ЛЗ,ЛМ		ЛЗ	ЛО,ЛВ	
	Алюм	ЛЗ	ЛМ		ЛЗ	ЛМ		ЛЗ	ЛД	
Вал	Сталь	К		Ш, ШХ		К	Ш,ШХ		ЛЗ, Ш	Ш, ШХ
Втулка, диск	Чугун	ЛЗ,ЦЛ	ЛМ,ЦЛ		ЛЗ,ЦЛ	ЛМ		ЛЗ, ЦЛ	ЛМ, ЦЛ	
	Сталь	ЛЗ,ЦЛ, К	ЛМ,ЦЛ,Ш		ЛЗ,ЦЛ	ЛМ,ЦЛ,Ш		ЛЗ,Ш	ЛМ	
	Алюм									
	Бронза	ЛЗ,ЦЛ	ЛМ,ЦЛ		ЛЗ,ЦЛ	ЛМ		ЛЗ	ЛМ	

Таблица 4.2

Стоимость исходного материала  $C_m$ 

Матер.	СЧ20	Ст3	20ХН	30ХГСА	40ХГНМ	X18Н9Т	P6M5
Ц,руб/кг	7	8	10	12	14	70	180

Таблица 4.3

Значение коэффициентов  $K_{сп}$ 

Способ получения заготовки	Квал. Точн.	Тип производства				
		единичное	мелко-серийн.	средне-серийн.	крупно-серийн.	массовое
Литье в земляную форму	17	2,5	2,2	2	1,9	1,8
Литье по металлической модели	16	3,5	2,7	2	1,8	1,5
Литье в кокиль	15	5	3	1,9	1,2	1,4
Литье в оболочковую форму	14	10	5	3	2,5	2
Литье по выплавляемой модели	13	20	12	8	5	3
Литье под давлением	12	-	-	20	5	2,5
Литье центробежное	15	-	5	2,5	1,8	1,5
Прокат	12	1,3	1,3	1,2	1,1	1,05
Свободная ковка	19	2	2	2	-	-
Ковка в подкладных штампах	17	2,5	2,5	2,3	2,1	-
Штамповка открытая	16	-	5	2,5	2	1,6
Штамповка на ГКМ	15	-	8	3	1,8	1,4
Штамповка с калибровкой	14	-	10	5	2,7	1,8

Холодная штамповка	12	-	-	6	3	2
--------------------	----	---	---	---	---	---

Таблица 4.4

Значение коэффициента  $K_{сл}$ 

Характеристика заготовки	Очень простая	Простая	Средней сложности	Сложная	Очень сложная
Группа сложности отливки по ГОСТ 26645-85	1	2	3	4	5
Степень сложности поковки по ГОСТ 7505-89	C1	C2	C3	C4	-
$K_{сл}$	0,7	0,85	1	1,5	2

Таблица 4.5

Удельные затраты на снятие 1 кг стружки  $C_{уд}$ 

Тип производства	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
$C_{уд}$ , руб./кг	40	32	26	20	15

Таблица 4.6

Значение коэффициента обрабатываемости  $K_o$ 

Матер.	СЧ20	Ст3	20ХН	30ХГСА	40ХГНМ	X18Н9Т	P6M5
$K_o$	0,7	1,8	1,2	0,7	0,8	0,6	0,25

Таблица 4.7

Приблизительные значения припусков на обработку  $Z$ , мм на сторону

Максимальный размер, мм, до		Способ получения заготовки		
вдоль припуска $l_1$	поперек припуска $l_2$	ЛЗ, К	ЛМ, Ш	ХЩ, П
50	50	3	2,2	2
	100	4	2,8	2,5
	200	5	3,5	3
	400	6	4,2	3,5
100	50	5	3	2,2
	100	6,5	4	2,8

	200	8	5	3,5
	400	9,5	6	4,2
200	50	7,5	5	3
	100	9	6,5	4
	200	10,5	8	5
	400	12	9,5	6
	800	13,5	11	7
400	50	10,5	7,5	5
	100	12,5	9	6,5
	200	14,5	10,5	8
	400	16,5	12	9,5
	800	18,5	13,5	11
800	100	16	12,5	10,5
	200	19,5	14,5	12
	400	23	16,5	

### 3. Задачи работы

На основе экономического анализа вариантов выбрать оптимальный способ получения заготовки заданной детали для заданного типа производства.

### 4. Порядок выполнения работы

- 1) Вычерчивают в масштабе контур детали с простановкой размеров
- 2) По табл. 4.1 выбирают возможные методы получения заготовки (обычно 2 – 3 метода)
- 3) По упрощенной методике, табл. 4.7, определяют припуск на черновую обработку для каждого метода. На том же эскизе вычерчивают контуры заготовки с учетом припусков для каждого метода.
- 4) Исходя из технологических возможностей методов получения заготовки (уклоны, радиусы, отверстия, число ступеней и т.п.) устанавливают напуски. На том же эскизе вычерчивают контуры заготовки с учетом напусков для каждого метода, проставляют размеры заготовки.
- 5) Определяют объем и массу детали  $M_d$  и заготовок  $M_{zi}$  ( $i$  – порядковый номер метода).
- 6) По табл. 4.2 определяют цену материала  $C_m$ .
- 7) По табл. 4.3 и 4.4 определяют  $K_{сп}$  и  $K_{сл}$  для каждого метода.
- 8) По формуле (4.2) определяют  $C_{zi}$  для каждого метода.
- 9) По табл. 4.5 и 4.6 определяют  $C_{уд}$  и  $K_o$ .
- 10) По формуле (4.3) определяют  $C_{mi}$  для каждого метода.

11) По формуле (4.1) определяют  $C_i$  для каждого метода получения заготовки. Метод получения заготовки, обеспечивающий наименьшее значение  $C_i$ , будет оптимальным для данных условий.

#### 4. Пример выполнения работы №4

Выбрать оптимальный метод получения заготовки детали «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Производство среднесерийное.

По табл. 4.1 определяем, что для детали типа «Валы» средней сложности из стали для серийного производства целесообразно применить в качестве заготовки прокат или горячую штамповку. Для окончательного выбора метода получения заготовки выполним сравнительный экономический анализ. В основу анализа положим сравнение суммарных стоимостей  $C$  переменной доли затрат на получение заготовки  $C_3$  и ее механическую обработку  $C_{обр}$ :

$$C_i = C_{3i} + C_{обрi} \quad (4.1)$$

где  $i$  — номер варианта получения заготовки. В нашем случае  $i=1$  для заготовки из проката,  $i=2$  для штампованной заготовки.

Переменные затраты на получение заготовки  $C_3$ , руб., составляют:

$$C_{3i} = \Pi_{mi} \times M_{3i} \times K_{спi} \times K_{сли} \quad (4.2)$$

где  $\Pi_{mi}$  — цена 1 кг исходного материала, руб./кг;

$M_{3i}$  — масса заготовки, кг;

$K_{спi}$ ,  $K_{сли}$  — коэффициенты, учитывающие соответственно способ получения заготовки и ее сложность.

Рассчитаем  $C_3$  для каждого из вариантов.

1) Вычерчиваем контур детали (рис. 4.1). На этом же эскизе вычерчиваем контуры заготовки из проката и штамповки (без масштаба).

2) По табл. 4.7 определяем ориентировочно припуск на обработку  $Z$ :

а) для заготовки из проката:

пов. (1), (18),  $l_1=400$ ,  $l_2=128$ ,  $Z=8$

пов. (11),  $l_1=64$ ,  $l_2=400$ ,  $Z=4,2$ .

б) для штампованной заготовки:

пов. (1),  $l_1=160$ ,  $l_2=50$ ,  $Z=5$

пов. (6),  $l_1=50$ ,  $l_2=60$ ,  $Z=3,5$

пов. (8),  $l_1=60$ ,  $l_2=70$ ,  $Z=4$

пов. (9),  $l_1=70$ ,  $l_2=60$ ,  $Z=4$

пов. (10),  $l_1=50$ ,  $l_2=128$ ,  $Z=3,5$

пов. (11),  $l_1=128$ ,  $l_2=50$ ,  $Z=5$

пов. (13),  $l_1=50$ ,  $l_2=128$ ,  $Z=3,5$

пов. (14),  $l_1=60$ ,  $l_2=130$ ,  $Z=5$

пов. (18),  $l_1=400$ ,  $l_2=50$ ,  $Z=7,5$

Определяем размеры заготовки с учетом припусков и проставляем на рис. 4.1.

3) Определяем напуски.

Для заготовки из проката принимаем ближайший диаметр прутка  $\varnothing 140$ .  
 Для штамповки назначаем предварительно уклон  $5^0$  и радиусы переходов R3.  
 Вычерчиваем напуски на рис. 4.1 и проставляем размеры заготовки с учетом припусков и напусков.

4) Определяем массу детали  $M_d$  и заготовки  $M_{з1}$ , кг:

$$M_d = 0,785 \times (d_1^2 \times l_1 + d_2^2 \times l_2 + \dots + d_n^2 \times l_n) \times \rho,$$

где  $d_1, d_2, \dots, d_n, l_1, l_2, \dots, l_n$  — диаметры и длины элементарных объемов, на которые разбиваем объем детали, см;

$n$  — число элементарных объемов;

$\rho$  — плотность стали;  $\rho = 0,00785$  кг/см<sup>3</sup>.

$$M_d = 0,785(4^2 \times 8 + 5^2 \times 8 + 7^2 \times 6 + 12,8^2 \times 5 + 6^2 \times 7 + 5^2 \times 6) \times 0,00785 = 11,35 \text{ кг}$$

$$M_{з1} = 0,785 \times d^2 \times l \times \rho,$$

где  $d$  — диаметр проката, см;

$l$  — длина заготовки, см.

$$M_{з1} = 0,785 \times 14^2 \times 41,6 \times 0,00785 = 50,2 \text{ кг}$$

$$M_{з2} = 0,785 \cdot (5,7^2 \times 16,1 + 7,8^2 \times 6,05 + 13,8^2 \times 5,7 + 7^2 \times 13) \times 0,00785 = 16,1 \text{ кг.}$$

5) Коэффициент использования материала:

$$K_{им1} = M_d / M_{з1} = 11,35 : 46,7 = 0,23$$

$$K_{им2} = M_d / M_{з2} = 11,35 : 16,1 = 0,7$$

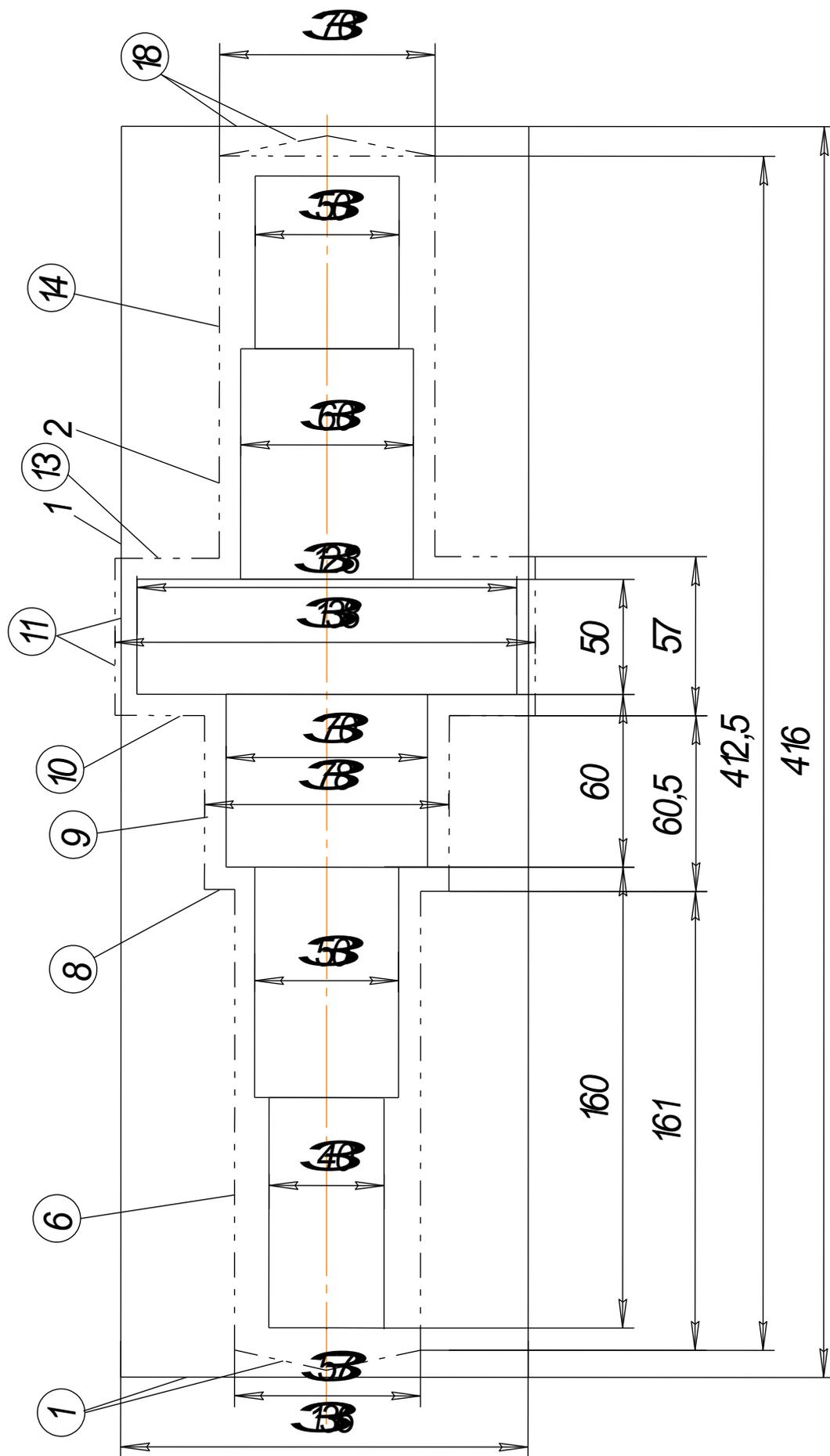


Рис. 4.1.1. Контур заготовки: 1 - прокат, 2 - штампоска

6) Определяем  $\Pi_M$ , руб./кг по табл. 4.2 и поправочные коэффициенты по табл.4.3-4.4:

$$\Pi_{M1} = \Pi_{M2} = 14$$

$$K_{СП1} = 1,2$$

$$K_{СП2} = 2,5; K_{СЛ2} = 1$$

7) Подставляем найденные значения в формулу (4.2):

$$C_{31} = 14 \times 50,2 \times 1,2 \times 1 = 843,4 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 14 \times 16,1 \times 2,5 \times 1 = 563,5 \text{ руб.}$$

Переменные затраты на черновую обработку  $C_{обр}$ , руб. составляют:

$$C_{Mi} = C_{уд} \times (M_{3i} - M_d) / K_o \quad (4.3)$$

где  $C_{уд}$  — удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке, руб./кг;

$K_o$  — коэффициент обрабатываемости материала.

Рассчитаем  $C_M$  для каждого из вариантов.

1) По табл. 4.5 определяем для среднесерийного производства  $C_{уд} = 26$ .

2) По табл. 4.6 определяем для стали 40ХГНМ  $K_o = 0,8$ .

3) Подставляем найденные значения в формулу (4.3):

$$C_{M1} = 26 \times (50,2 - 11,35) / 0,8 = 1262 \text{ руб.}$$

$$C_{M2} = 26 \times (16,1 - 11,35) / 0,8 = 154,3 \text{ руб.}$$

Подставляя полученные значения  $C_3$  и  $C_M$  в формулу (4.1), получим:

$$C_1 = 843,4 + 1262 = 2105,4 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 563,5 + 154,3 = 717,8 \text{ руб.}$$

$$C_2 < C_1$$

По минимуму переменных затрат принимаем 2-й вариант – штамповку.

## 5. Выбор методов обработки поверхностей

*Цель работы* — овладеть методикой назначения оптимальных методов обработки поверхности детали и их последовательности.

### 1. Общие положения

Выбор методов обработки поверхностей детали и их последовательности для каждой поверхности определяются:

- видом поверхности (наружная или внутренняя поверхность вращения, плоскость, фасонная поверхность и т.п.);
- материалом заготовки и его состоянием (чугун, незакаленная сталь, закаленная сталь, цветные сплавы и т.п.);
- типом заготовки (литье, штамповка, их разновидности, прокат и т.п.), ее точностью и состоянием поверхности;
- требуемой точностью и шероховатостью поверхности детали;
- типом производства (единичное, серийное, массовое).

Экономически целесообразно в результате каждого перехода:

- начиная с 12 качества повышать точность не более, чем на 2 качества (12,10,8,6), а начиная с 6 качества – не более, чем на 1 качество;
- при черновой обработке ( $Ra \geq 3,2$ ) шероховатость уменьшать не более, чем в 4 раза, а при чистовой обработке ( $Ra \leq 2,5$ ) – в 2 раза.

Варианты экономических методов обработки приведены в табл. 5.1.

В табл. 5.1 обозначены:

Т – точение	П – протягивание	СФ – суперфиниш
Р – растачивание	РВ – развертывание	РК – раскатывание
С – сверление	Ш – шлифование	АВ – алмазное выглаживание
З – зенкерование	ПО – полирование	
Ф – фрезерование	Х – хонингование	

Индексы обозначают:

о – обдирочное, п – получистовое, ч – чистовое, т – тонкое.

Выбор экономически целесообразных методов в каждом конкретном случае делают по результатам экономического анализа из условия минимума суммарных расходов на обработку. Для сравнения затрат при каждом из методов обработки в табл. 5.2 приведены значения **коэффициента удельных затрат**  $K_y$ , представляющего отношение стоимости данного метода при данных условиях к стоимости базового метода при этих же условиях. Оптимальным сочетанием методов обработки поверхности следует считать такое, которое обеспечивает минимальный суммарный коэффициент

$$K_{yi} = \sum_{j=1}^n K_{yj} \rightarrow \min \quad (5.1)$$

где  $j$  – № перехода,  
 $n$  – число переходов,

i – № варианта

## 2. Справочные данные

Таблица 5.1

### Методы обработки поверхностей

№ перехода	Квалитет точности	Ra, мкм	Цилиндрических		Плоских
			наружных	внутренних	
1	2	3	4	5	6
1	12	12,5	1: Т, Шю 2: Т	С, З, Р	1: Ф, Шю 2: Ф
2	10	3,2	1: Тп, Ш 2: Тп	Зч, Рп	1: Фп, Ш 2: Фп
3	8	1,6	1: Тч, Шп 2: Тч	1: РВ, Рч, П, Шп 2: РВ, Рч, П	1: Фч, П, Шп 2: Фч, П
4	6	0,8	1: Тт, Шч 2: Тт	1: РВч, Рт, Пч, Шч 2: РВч, Рт, Пч	1: Фт, Пч, Шч 2: Фт, Пч
5	–	0,4	ПО, АВ, СФ	Х, ПО, РК, АВ	
1 – сталь, 2 – чугун, цветные сплавы					

Примечание: Если ТП обработки детали пониженной жесткости ( $l/d \geq 6$ ) включает термообработку ТО, ее точность в результате коробления при ТО снижается ~ на 1 квалитет.

## 3. Задачи работы

Для каждой поверхности детали определить количество переходов мехобработки для достижения заданной точности и шероховатости поверхности и путем экономического анализа вариантов выбрать оптимальные для каждого перехода методы обработки при заданном типе производства.

Таблица 5.2

Коэффициент удельных затрат  $K_y$ 

Тип поверхности	Переход	До закалки			После закалки		
		Для типа производства					
		един.	сер.	масс.	един.	сер.	масс.
1	2	3	4	5	6	7	8
Цилиндрич. наружная	Т	1	1	1	-	-	-
	Тп	1,6	1,4	1,3	2,6	2,4	2,2
	Тч	2,4	2,1	2	3,8	3,5	3,2
	Тт	4,3	3,9	3,6	5,7	5,3	4,9
	Шо	1,4	1,3	1,2	-	-	-
	Ш	3	2,7	2,5	2,5	2,2	1,9
	Шп	4,5	4,1	3,8	2,9	2,6	2,5
	Шч	6,6	6	5,5	4	3,6	3,3
	Шт	-	-	-	5,9	5,3	4,8
Цилиндрич. внутренняя	З	1,1	1	0,8	-	-	-
	Зч	2,1	1,9	1,5	-	-	-
	Р	1	1	1	-	-	-
	Рп	1,8	1,7	1,6	2,9	2,7	2,4
	Рч	2,9	2,6	2,4	4,1	3,8	3,4
	Рт	4,9	4,4	3,9	6,2	5,7	5,2
	РВ	3	2,5	2,2	-	-	-
	РВч	5,3	4,2	3,4	7,8	6	4,2
	П	-	3,6	1,8	-	-	-
	Ш	3	2,7	2,5	2,5	2,2	1,9
	Шп	4,5	4,1	3,8	2,9	2,6	2,5
	Шч	6,6	6	5,5	4	3,6	3,3
	Шт	-	-	-	5,9	5,3	4,8
Плоская	Ф	1	1	1	-	-	-
	Фп	1,5	1,4	1,3	2,4	2,2	2
	Фч	2,4	2	1,9	3,5	3,1	2,9
	Фт	4,2	3,6	3,2	5,6	5,2	5
	Шо	1,1	1	0,9	-	-	-
	Ш	3	2,7	2,5	2,5	2,2	1,9
	Шп	4,5	4,1	3,8	2,9	2,6	2,5
	Шч	6,6	6	5,5	4	3,6	3,3
	Шт	-	-	-	5,9	5,3	4,8

Примечание: Для мелкосерийного производства  $K_y$  соответствует среднему значению между единичным и серийным, а для крупносерийного – между серийным и массовым.

#### 4. Порядок выполнения работы

Работу начинают с определения методов обработки самой точной поверхности.

1) По табл. 5.1 для заданного типа поверхности и материала детали определяют варианты 1-го перехода, обеспечивающего 12 квалитет точности и шероховатость  $Ra$  12,5. Таким же образом определяют варианты последующих переходов до обеспечения заданной точности и шероховатости.

2) Комбинируя методы обработки на каждом переходе записывают варианты последовательности обработки в виде цепочек переходов, включая ТО. При этом сразу убирают варианты с несовместимыми переходами (например, точение после шлифования).

3) По табл. 5.2 определяют коэффициент удельных затрат  $K_{yj}$  для каждого метода обработки.

4) По формуле (5.1) для каждого варианта сочетания методов обработки определяют суммарный коэффициент удельных затрат

Вариант, имеющий наименьшее значение  $K_y$ , считают оптимальным.

#### 5. Пример выполнения работы №5

Деталь — «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Производство среднесерийное.

При выборе методов обработки и их последовательности учитываем, что:

- кроме указанных в табл. 5.1 переходов необходимо согласно требованиям чертежа вала ввести ТО — закалку с отпуском;
- вал — деталь нежесткая ( $l/d=7$ ), поэтому в процессе термообработки возможно его коробление и снижение точности на 1 квалитет;
- заготовка вала — штамповка, относительно чистая, очищенная от окалины, величина облоя и заусенцев не более 2 мм, поэтому обдирочное шлифование перед механической обработкой вводить не следует;
- обработку вала до ТО экономически целесообразно производить методами лезвийной обработки, а после ТО — методами абразивной обработки.

Выбор методов начинаем с самой точной поверхности. Такими поверхностями являются шейки под подшипники, пов. 6 и 17.

По табл. 5.1 определяем, что для обработки пов. 6 и 17 (6 квалитет точности, шероховатость  $Ra=0,8$  мкм) могут быть применены следующие варианты последовательности методов обработки (табл. 5.3).

Таблица 5.3

## Варианты обработки пов. (6) и (17)

№ вар.	Переходы						Коэфф. удельн. затрат
	1	2	3	4	5	6	
1	Т(12)	1,4 Т <sub>П</sub> (10)	2,1 Т <sub>Ч</sub> (8)	3,9 Т <sub>Т</sub> (6)	ТО(7)	Ш <sub>Ч</sub> (6)	7,4
2				ТО(9)	3,6 Ш <sub>Ч</sub> (7)		7,1
3				2,6 Ш <sub>П</sub> (8)	6,1		
4		ТО(11)	2,6 Ш <sub>П</sub> (9)	3,6 Ш <sub>Ч</sub> (7)	7,6		
5			2,6 Ш <sub>П</sub> (8)	6,6			
6			2,2 Ш(10)	2,6 Ш <sub>П</sub> (8)	6,2		
7		ТО(13)	2,2 Ш(11)	2,6 Ш <sub>П</sub> (9)	3,6 Ш <sub>Ч</sub> (7)		8,4
8				2,6 Ш <sub>П</sub> (8)	7,4		
9				2 Ш(10)	2,6 Ш <sub>П</sub> (8)		6,8

В табл. 5.3 обозначено:

Т–точение черновое

Т<sub>П</sub>–точение получистовое

Т<sub>Ч</sub>–точение чистовое

Т<sub>Т</sub>–точение тонкое

Ш–шлифование черновое

Ш<sub>П</sub>–шлифование получистовое

Ш<sub>Ч</sub>–шлифование чистовое

Рядом с обозначением метода обработки в скобках указан квалитет точности, получаемый на данном переходе, а сверху– коэффициент удельных затрат  $K_{yj}$  для данного перехода.

Оптимальный вариант обработки выбираем по минимуму суммарных удельных затрат, характеризуемых суммой  $K_{yi}$  всех переходов данного варианта. При этом поскольку переходы Т(12) и Ш<sub>Ч</sub>(6), а также ТО присутствуют во всех вариантах обработки, их из расчёта исключаем.

Из табл. 5.3. видно, что минимальный коэффициент удельных затрат  $K_y=6,1$  соответствует варианту 3, предусматривающему ТО после чистовой токарной обработки. Поэтому примем этот вариант обработки:

Т(12; 12,5)–Т<sub>П</sub>(10; 3,2)– Т<sub>Ч</sub>(8; 1,6)–ТО(9)– Ш<sub>П</sub>(8; 1,6)–Ш<sub>Ч</sub>(6; 0,8).

Здесь в скобках указаны квалитет точности и шероховатость поверхности  $R_a$ , мкм, для каждого перехода.

Для обработки места под сальник, пов. (6) (6-й квалитет,  $R_a=0,4$ ), принимаем дополнительный переход полирование.

Полученным выше результатом воспользуемся для назначения методов обработки других поверхностей.

Шейка под муфту, пов. (4) (8-й квалитет,  $R_a=1,6$ ):

$T(12; 12,5) - T_{II}(10; 3,2) - T_{III}(8; 1,6) - TO(9) - Ш_{II}(8; 1,6)$ .

Наружная поверхность зубчатого венца, пов. (11) (11; 3,2):

$T(12; 12,5) - T_{II}(10; 3,2) - TO(11)$ .

Свободные шейки, пов. (9) и (14), канавки, пов. (7), (16), (21) (14; 12,5):

$T(12; 12,5) - TO(13)$ .

Уступы пов. (8) и (15) (8; 1,6):

$T(12; 12,5) - T_{II}(10; 3,2) - T_{III}(8; 1,6) - TO(9) - Ш_{II}(8; 1,6)$ .

Уступ, пов. (5) (10; 3,2):

$T(12; 12,5) - T_{II}(10; 3,2) - TO(11) - Ш_{II}(10; 3,2)$ .

Торцы зубчатого венца, пов. (10) и (13) (14; 12,5):

$T(12; 12,5) - TO(13)$ .

Торцы, пов. (1) и (18) (14; 12,5):

$\Phi(13; 12,5) - TO(14)$ .

$\Phi$  - фрезерование

Шпоночный паз, пов. (2) и (3) (9; 1,6):

$\Phi(8; 1,6) - TO(9)$ .

Зубчатый венец, пов. (12) (6 степень точности,  $R_a=0,8$ ):

$3\Phi(8 \text{ ст.}; 6,3) - C\Phi - ШВ(7 \text{ ст.}; 1,6) - TO - Ш_{III}(6 \text{ ст.}; 0,8)$ .

$3\Phi$  - зубофрезерование,

$C\Phi$  - снятие фасок,

$ШВ$  - шевингование.

Центровые отверстия, пов. (19) и (20)

$C(9; 1,6) - TO(10) - Ш_{III}(9; 0,8)$

$C$  - сверление,

Методы обработки поверхностей сводим в табл. 5.4.

Таблица 5.4.

## Методы обработки поверхностей

№ пов.	Вид пов.	Квал. точн.	Шерох. Ra, мкм	Последовательность обработки
1	2	3	4	5
1	П	14	12,5	Ф-ТО
2	П	12	12,5	Ф-ТО
3	П	9	3,2	Ф-ТО
4	Ц	8	1,6	Т-Т <sub>П</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО-Ш <sub>П</sub>
5	П	14	3,2	Т-Т <sub>П</sub> -ТО
6	Ц	6	0,4	Т-Т <sub>П</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО-Ш <sub>П</sub> -Ш <sub>ч</sub> -ПО
7	Ц	14	12,5	Т-ТО
8	П	12	2,5	Т-Т <sub>П</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО
9	Ц	14	12,5	Т-ТО
10	П	14	12,5	Т-ТО
11	Ц	11	3,2	Т-Т <sub>П</sub> -ТО
12	Ф	6 ст.	0,8	3Ф-СФ-ШВ-ТО-Ш <sub>ч</sub>
13	П	14	12,5	Т-ТО
14	Ц	14	12,5	Т-ТО
15	П	12	2,5	Т-Т <sub>П</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО
16	Ц	14	12,5	Т-ТО
17	Ц	6	0,8	Т-Т <sub>П</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО-Ш <sub>П</sub> -Ш <sub>ч</sub>
18	П	14	12,5	Ф-ТО
19	КВ	9	0,8	С-ТО-Ш <sub>ч</sub>
20	КВ	9	0,8	С-ТО-Ш <sub>ч</sub>
21	Ц	14	12,5	Т-ТО

## 6. Определение припусков на обработку

*Цель работы* – овладеть методикой определения припусков на обработку в условиях единичного и серийного производства.

### 1. Общие положения

**Припуск** – слой материала, который предстоит удалить с заготовки.

**Операционный припуск** – припуск, который удаляется на данной операции.

**Общий припуск** – припуск, который предстоит удалить с исходной заготовки для получения готовой детали. Общий припуск равен сумме всех операционных припусков.

Припуск включает расчетный припуск и напуск.

**Расчетный припуск** определяется необходимостью получения заданных точности и шероховатости поверхности детали.

**Напуск** определяется технологическими возможностями заготовительного производства (необходимость литейных или штамповочных уклонов, облой, заусенцы, радиусы переходов, упрощение конфигурации, невозможность выполнить отверстие, пазы, канавки и т.п.).

Метод определения припусков определяется типом производства.

В единичном производстве применяют **табличный метод**. Припуски определяют по таблицам, составленным на базе статистического анализа многочисленных практических данных и теоретических расчетов для различных условий обработки. Преимуществом табличного метода является его простота. Недостаток метода состоит в том, что значения припусков получаются завышенными, что удорожает обработку.

Таблицы определения припусков можно усовершенствовать, конкретизировав условия получения заготовки и обработки, введя дополнительные исходные параметры. Это позволяет получить значения припусков, более близкие к оптимальным. Однако в этом случае метод становится более трудоемким.

Табличным методом приближенного определения припусков мы пользовались при выборе метода получения заготовки в работе №4.

В мелкосерийном и среднесерийном производстве применяют метод расчета припусков **суммированием по переходам**. В основе метода лежит определение припуска для каждого перехода с учетом точности операционной заготовки, качества поверхностного слоя заготовки, точности установки заготовки в приспособлении и последующее суммирование операционных припусков.

Операционный припуск включает:

- 1) толщину  $a$  дефектного слоя операционной заготовки, образовавшегося в результате выполнения предыдущего перехода или при получении исходной заготовки (шероховатость, окалины, упрочненный слой и др.);
- 2) погрешность  $\omega_d$  размера, полученного на предыдущем переходе, максимальное значение которой регламентируется допуском  $Td$ ;
- 3) погрешность  $\omega_p$  формы и расположения поверхности, полученная на предыдущем переходе, если она не является частью  $Td$  и регламентируется самостоятельным допуском  $Tr$  (непрямолинейность оси, неплоскостность, непараллельность, неперпендикулярность, несоосность, неконцентричность, несимметричность, радиальное и торцовое биение);
- 4) погрешность  $\omega_y$  установки заготовки в приспособлении на данном переходе, которая регламентируется допуском на точность установки  $Ty$ .

Значение операционного припуска  $Z_i$  для  $i$ -го перехода определяется суммой:

$$Z_i = a_{i-1} + 0,5Td_{i-1} + \sqrt{Tp_{i-1}^2 + Ty_i^2} \quad (6.1)$$

Такое представление суммы обусловлено тем, что направления  $a$  и  $\omega_d$  совпадают с направлением припуска, а направления погрешностей  $\omega_p$  и  $\omega_y$  неопределены.

Индекс  $i-1$  показывает, что параметр относится к предыдущему переходу.

Структура припуска (для 4 переходов с ТО после 2-го перехода) приведена на рис. 6.1.

## 2. Справочные данные

Таблица 6.1

Толщина дефектного слоя  $a$ , мм, при различных методах получения заготовки и обработки

Метод	$a$	Метод	$a$
Ковка	1,5	Точение чистовое	0,05
Штамповка	0,5	Фрезерование черновое	0,25
Штамповка холодная	0,1	Фрезерование чистовое	0,1
Прокат	0,35	Шлифование черновое	0,1
Прокат калиброванный	0,15	Шлифование чистовое	0,02
Точение черновое	0,2	Термообработка (дополнит.)	0,1

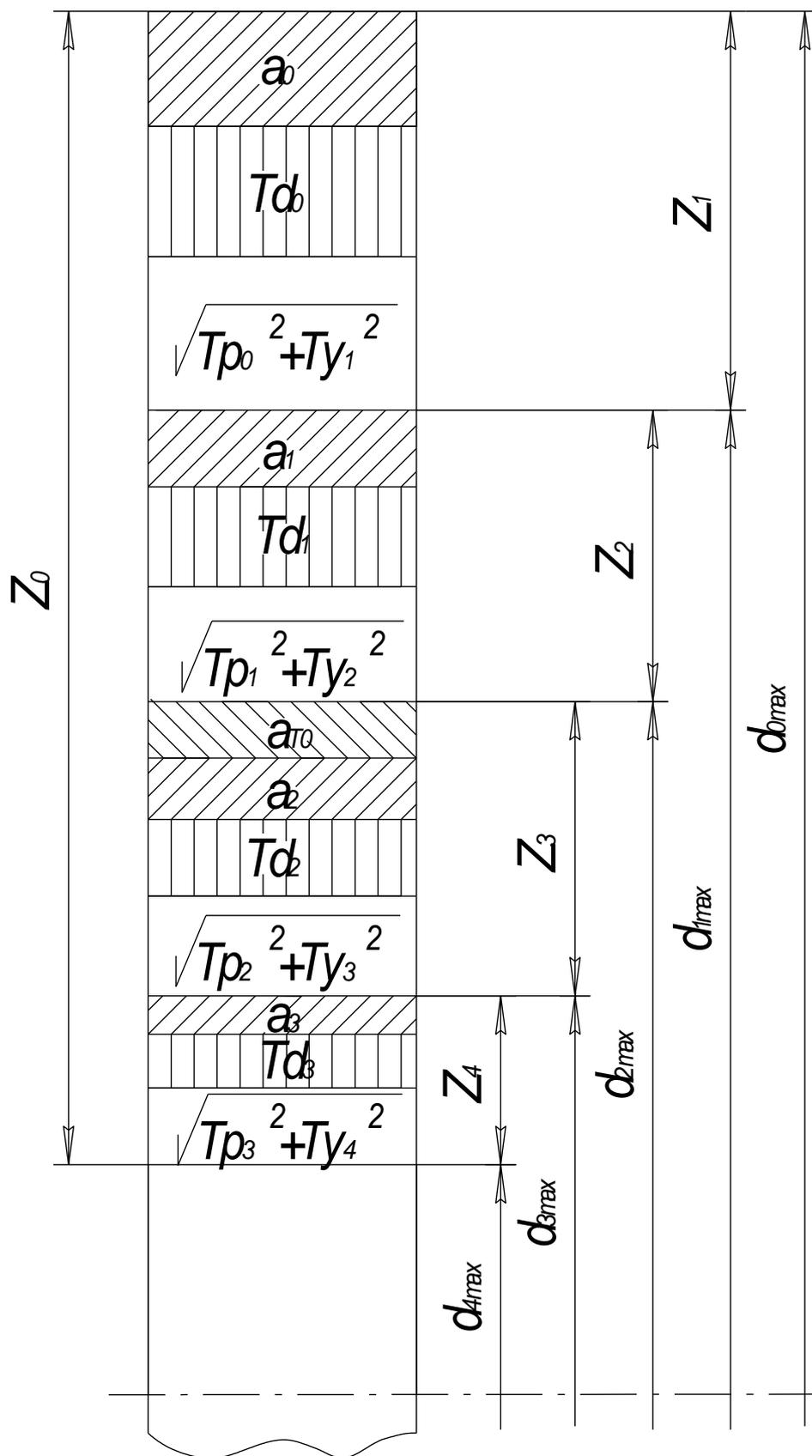


Рис. 6.1. Структура припуска

Таблица 6.2

Допуски на установку заготовки в приспособлении  $T_u$ , мм

Размер заготовки, мм	30	60	120	250	500
Установка в трехкулачковом патроне, в тисках					
Поковка	0,8	1	1,2	1,4	1,8
Штамповка открытая, на ГКМ, высадка	0,3	0,4	0,5	0,7	1
Штамповка закрытая, прокатка поперечная	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8
Штамповка холодная, калибровка, обкатка	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6
Пруток	0,2	0,3	0,35	0,5	0,7
Пруток калиброванный	0,15	0,2	0,25	0,35	0,5
После чернового точения	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
После чистового точения, шлифования	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
Установка в цанге					
Пруток; после чернового точения	0,1	0,15	0,2		
Пруток калиброванный; после чистового точения	0,05	0,1	0,15		
После шлифования	0,05	0,05	0,1		
Установка в центрах					
неподвижных	0,05	0,06	0,08	0,1	
неподвижных, по шлифованным отверстиям	0,01	0,02	0,03	0,04	
неподвижных прецизионных	0,007	0,009	0,011	0,015	
вращающихся, подпружиненных	0,2	0,25	0,5	0,8	

### 3. Задачи работы

Определить припуски на обработку заданной детали табличным методом.

Рассчитать припуск на обработку данной детали методом суммирования по переходам.

Сравнить полученные значения.

### 4. Порядок расчета

Расчет припусков выполняют, одновременно заполняя таблицу 6.3 (см.п.5).

1) Определяют число переходов, необходимое для получения заданной точности и шероховатости (табл. 5.1). Записывают их по порядку номеров в графу 1 табл. 6.3, начиная с заготовительной операции, которой присваивают № 0.

2) В графу 2 заносят наименование переходов.

3) В графу 3 записывают квалитет точности, получаемый на каждом переходе.

4) По табл. 1.1 определяют допуски на размер  $Td$  для каждого перехода и заносят их в графу 4 табл. 6.3.

5) По табл. 1.3 определяют допуски формы и расположения  $Tr$  для каждого перехода и заносят их в графу 5 табл. 6.3. В первом приближении можно принять  $Tr=0,3Td$  (нормальная относительная точность).

6) По табл. 6.1 определяют толщину дефектного слоя  $a$  для каждого перехода и заносят в графу 6 табл. 6.3.

7) По табл. 6.2 определяют допуск точности установки заготовки в приспособлении для каждого перехода, кроме заготовительной операции, и заносят в графу 7 табл. 6.3.

8) По формуле (6.1) рассчитывают припуск  $Z$  для каждого перехода, кроме заготовительной операции, и заносят в графу 8 табл. 6.3, округляя в сторону увеличения припуска до знака после запятой, с которым задан допуск  $Td$ .

Если техпроцессами предусмотрена ТО, то для  $i$ -го перехода, следующего за ТО, к толщине дефектного слоя предыдущей обработки  $a_{i-1}$  добавляют толщину дефектного слоя  $a_{ТО}$ , а допуск  $Td_{i-1}$  принимают на 1 квалитет грубее:

$$Z_{ТО+1} = a_{ТО} + a_{ТО+1} + 0,5Td_{ТО} + \sqrt{T_{РТО}^2 + T_{УТО+1}^2} \quad (6.2)$$

9) Определяют операционные размеры  $d$  для каждого перехода, начиная с последнего, размеры для которого заданы на чертеже детали.

для наружной поверхности:

$$d_i = d_{i+1} + 2Z_{i+1} \quad (6.3)$$

для отверстия:

$$d_i = d_{i+1} - 2Z_{i+1} \quad (6.4)$$

Значения  $d$  заносят в графу 9 табл. 6.3, округляя в сторону увеличения до знака после запятой, с которым задан допуск  $Td$ .

## 5. Пример выполнения работы №6

Определить припуски на обработку детали “Вал-шестерня”, черт. 07.ТМ.13.001. Метод получения заготовки – штамповка. Производство средне-серийное. Припуск на самую точную поверхность рассчитать суммированием по переходам, на остальные поверхности – по табл. 4.7.

Самыми точными поверхностями детали “Вал-шестерня” являются пов. ⑥ и ⑰,  $\sqrt{50к6 Ra 0,8}$ .

1) По данным работы 4 записываем в графы 1...3 № заготовительного перехода (№0), его наименование (способ получения заготовки) и квалитет точности. По данным работы 5 в эти же графы записываем №№ переходов мехобработки, их наименование и квалитет точности.

2) По табл. 1.1 определяем допуски  $Td$  для каждого перехода и заносим в графу 4 табл.6.3.

3) Определяем допуск формы и расположения  $Tr=0,3Td$  для каждого перехода и заносим в графу 5 табл. 6.3.

4) По табл. 6.1 определяем толщину дефектного слоя  $a$  для каждого перехода и заносим в графу 6 табл. 6.3.

5) По табл. 6.2 определяем допуск на точность установки заготовки в приспособлении для каждого перехода, кроме заготовительного, и заносим в графу 7 табл. 6.3.

6) По формуле (6.1) рассчитаем припуск  $Z$  для каждого перехода, кроме заготовительного. Полученные значения округляем до знака после запятой, с которым задан допуск  $Td$ .

$$Z_1 = a_0 + 0,5Td_0 + \sqrt{Tp_0^2 + Ty_1^2} = 0,5 + 0,5 \cdot 1,9 + \sqrt{0,6^2 + 0,25^2} = 2,1 \text{ мм};$$

$$Z_2 = a_1 + 0,5Td_1 + \sqrt{Tp_1^2 + Ty_2^2} = 0,2 + 0,5 \cdot 0,3 + \sqrt{0,09^2 + 0,25^2} = 0,62 \text{ мм};$$

$$Z_3 = a_2 + 0,5Td_2 + \sqrt{Tp_2^2 + Ty_3^2} = 0,1 + 0,5 \cdot 0,12 + \sqrt{0,036^2 + 0,25^2} = 0,413 \text{ мм};$$

$$Z_4 = a_{TO} + a_3 + 0,5Td_{TO} + \sqrt{Tp_{TO}^2 + Ty_4^2} = 0,1 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,074 + \sqrt{0,022^2 + 0,02^2} = 0,267 \text{ мм};$$

$$Z_5 = a_4 + 0,5Td_4 + \sqrt{Tp_4^2 + Ty_5^2} = 0,05 + 0,5 \cdot 0,046 + \sqrt{0,014^2 + 0,02^2} = 0,098 \text{ мм};$$

Результаты расчета заносим в графу 8 табл. 6.3, начиная с 1-го перехода.

7) Определяем операционные размеры. Диаметр  $d_5$  задан на чертеже детали:  $d_5 = 50_{+0,002}^{+0,018}$

$$d_4 = d_5 + 2Z_5 = 50,018 + 2 \cdot 0,373 = 50,764 \text{ мм}$$

$$d_3 = d_4 + 2Z_4 = 50,764 + 2 \cdot 0,57 = 51,91 \text{ мм}$$

$$d_2 = d_3 + 2Z_3 = 51,91 + 2 \cdot 0,47 = 52,85 \text{ мм}$$

$$d_1 = d_2 + 2Z_2 = 52,85 + 2 \cdot 0,85 = 54,55 \text{ мм}$$

$$d_0 = d_1 + 2Z_1 = 54,55 + 2 \cdot 2,6 = 59,8 \text{ мм}$$

8) Общий припуск на обработку составляет:

$$2Z_0 = d_0 - d_4 = 59,8 - 50,764 = 9,036 \text{ мм}.$$

Аналогично определяем припуски для остальных поверхностей. Результаты расчета заносим в табл. 6.3.

Сравнивая значения припусков, полученных суммированием по переходам с табличными (см. работу №4) видим, что переход от табличного метода определения припусков к расчетному приводит к существенному уменьшению припусков.

Таблица 6.3

## Расчет припусков и операционных размеров детали “Вал-шестерня”

№ перех.	Наим. перех.	Квал. точн.	Допуск Td, мм	Допуск Tr, мм	Дефектн. слой <i>a</i> , мм	Допуск устан. Tu, мм	Припуск Z, мм	Операц. размер d, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
пов. (6) $\curvearrowright 50$ к6								
0	ШТ	16	1,9	0,6	0,5	-	-	57,5
1	Т	12	0,3	0,09	0,2	0,25	2,1	52,87
2	Тп	10	0,12	0,036	0,1	0,25	0,62	51,63
3	Тч	8	0,046	0,014	0,05	0,25	0,413	50,8
ТО	Зак.	9	0,074	0,022	0,1	-	-	-
4	Шп	8	0,046	0,014	0,05	0,02	0,267	50,22
5	Шч	6	0,016	-	-	0,02	0,098	50,018
пов. (11) $\curvearrowright 126$ h11								
0	ШТ	16	2,5	0,75	0,5	-	-	136,5
1	Т	12	0,4	0,12	0,2	0,8	2,84	130,5
2	Тп	10	0,16	0,05	0,1	0,8	1,21	128
пов. (9) $\curvearrowright 70$ h14								
0	ШТ	16	1,9	0,6	0,5	-	-	75
1	Т	12	0,3	0,09	0,2	0,5	2,3	70
пов. (14) $\curvearrowright 60$ h14								
0	ШТ	16	1,9	0,6	0,5	-	-	64,5
1	Т	12	0,3	0,09	0,2	0,25	2,1	60
пов. (8)								
0	ШТ	16	1,9	0,6	0,5	-	-	67
1	Т	12	0,3	0,09	0,2	0,25	2,1	62,6
2	Тп	10	0,12	0,036	0,1	0,25	0,62	61,36
3	Тч	8	0,046	0,014	0,05	0,25	0,413	60,534
ТО		9	0,074	0,022	0,1	-	-	-
4	Шп	8	0,046	-	-	0,02	0,267	60
пов. (10), (13)								
0	ШТ	16	1,9	0,6	0,5	-	-	54,5
1	Т	12	0,3	0,09	0,2	0,25	2,1	50
пов. (1), (18)								
0	ШТ	16	3,6	1,1	0,5	-	-	408
1	Ф	13	0,89	0,27	0,25	1	3,8	400

## 7. Проектирование штампованной заготовки

*Цель работы* – Освоение методики проектирования заготовок деталей, обеспечивающих их получение и обработку с наименьшими затратами.

### 1. Общие положения

Грамотно спроектированная заготовка обеспечивает ее получение и обработку с наименьшими затратами. Ниже изложена методика проектирования заготовки, полученной методом штамповки, как наиболее распространенным в серийном производстве.

### 2. Справочные данные

Таблица 7.1

Исходный индекс штампованной заготовки

И=И <sub>о</sub> +И <sub>м</sub> +И <sub>с</sub> +И <sub>т</sub>				Мз, кг, до	1	1,8	3,2	5,6	10	20	50	Св. 50
				И <sub>о</sub>	4	5	6	7	8	9	10	11
М	М1	М2	М3	С	С1	С2	С3	С4	Т	Т2	Т3	Т4
И <sub>м</sub>	0	1	2	И <sub>с</sub>	0	1	2	3	И <sub>т</sub>	0	2	4

Таблица 7.2

Допуски Td на размеры штамповки

Разм,мм	Td, мм для И							
	6	7	8	10	12	14	16	19
До 40	0,8	0,9	1	1,4	2	2,5	3,2	4,5
40...160	1	1,2	1,4	2	2,5	3,2	4	5,6
160...630	1,6	2,0	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	8
св. 630	2	2,2	2,5	3,2	4	5	6,3	9

Таблица 7.3

Радиусы закруглений Rmin

m,кг	Rmin		
	до 25	25 – 50	св.50
До 1,0	1,6	2	3
1,0...6,3	2	2,5	3,6
6,3...16	2,5	3	4
16...40	3	4	5
40...100	4	5	7
св.100	6	8	10

Таблица 7.4

Допускаемая величина остаточного облоя  $T_o$  и  
смещения штампа  $T_c$

Мз, кг	$T_o$ , мм			$T_c$ , мм		
	T2	T3	T4	T2	T3	T4
До 1	0,4	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4
1...1,8	0,5	0,6	0,7	0,3	0,4	0,5
1,8...3,3	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,6
3,2...5,6	0,7	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7
5,6...10	0,8	0,9	1,0	0,6	0,7	0,8
10...20	0,9	1,0	1,2	0,7	0,8	1,0
20...50	1,0	1,2	1,4	0,8	1,0	1,2

Таблица 7.5

Допускаемая величина отклонения от  
плоскостности (прямолинейности)  $T_p$  и от  
концентричности отверстий  $T_k$

Наибольший размер заготовки, мм	$T_p$ , мм			$T_k$ , мм		
	T2	T3	T4	T2	T3	T4
До 100	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8
100...160	0,5	0,6	0,8	0,6	0,8	1,0
160...250	0,6	0,8	1,0	0,8	1,0	1,5
250...400	0,8	1,0	1,2	1,0	1,5	2,0
400...630	1,0	1,2	1,6	1,5	2,0	2,5

Таблица 7.6

Отклонение межцентрового расстояния  $T_{мц}$

Межцентровое расстояние, мм	$T_{мц}$ , мм		
	T2	T3	T4
До 60	0,15	0,2	0,25
60...100	0,2	0,25	0,3
100..160	0,25	0,3	0,5
160...250	0,3	0,5	0,8
250...400	0,5	0,8	1,2

### 3. Задачи работы

Спроектировать заготовку заданной детали.  
Выполнить рабочий чертеж заготовки.

### 4. Порядок выполнения работы

Проектирование заготовки выполняют в следующей последовательности:



10) Определяют допуски Td на размеры по табл. 7.2 в зависимости от исходного индекса И. При ориентировочных расчетах допуски можно назначать:

для Т4–16 квалитет

Т3–15 квалитет

Т2–14 квалитет

Поле допуска располагают следующим образом:

для охватываемых поверхностей (валов): (0,25...0,35) Td в “+”, остальное в “-“;  
для охватывающих поверхностей (отверстий): (0,25...0,35) Td в “-”, остальное в “+“;

для остальных поверхностей – симметрично  $\pm Td/2$ .

Полученные данные заносят в табл. 7.1.

11) Определяют штамповочные уклоны: для штамповки на прессах – 5...7°, на ГКМ – 3...5°. Уклоны должны быть одинаковыми с противоположных сторон заготовки, что позволит избежать бокового смещения штампов вследствие разницы горизонтальных составляющих усилия штамповки.

12) Определяют радиусы закруглений R по табл. 7.3 в зависимости от глубины ручья штампа. Устанавливают допуск на радиус в зависимости от класса точности:

T2– $\pm 0,08R$ ;

T3– $\pm 0,15R$ ;

T4– $\pm 0,25R$ .

13) Определяют допустимые значения остаточного облоя To, смещения штампа Tc, отклонений от плоскостности Tp, концентричности отверстий Tk, межцентрового расстояния Tmц, по табл. 7.4, 7.5, 7.6.

Рабочий чертеж заготовки выполняют в соответствии с ГОСТ ЕСКД.

При этом:

1) Контур детали вычерчивают линией условного контура и совмещают с проекциями заготовки. Припуск на обработку можно показывать в увеличенном масштабе. Количество проекций, видов, сечений определяют из условия достаточности информации для изготовления заготовки.

2) Линию разъема штампа или литейной формы обозначают значками **×** – по обе стороны изображения; направление верх–низ указывают стрелкой с надписями



3) Около обозначений размеров заготовки или под ними в скобках указывают размер детали без допусков.

4) Шероховатость поверхностей указывают в верхнем правом углу чертежа знаком.

5) Отклонение формы (неплоскостность, непрямолинейность, нецилиндричность и т.д.) и расположения (неконцентричность, непараллельность и т.д.) обозначают общепринятыми условными обозначениями, либо указывают в технических требованиях.

- 6) Поверхности, принятые за технологические базы обозначают знаком .
- 7) Место маркировки указывают со ссылкой на соответствующий пункт технических требований.
- В технических требованиях указывают:
- 1) Твердость материала заготовки в состоянии поставки (например,  $187 \pm 20 \text{HB}$ ).
  - 2) Допускаемые дефекты поверхностного слоя, их площадь и глубину (обычно 0,5 припуска на обработку).
  - 3) Неуказанные штамповочные уклоны и радиусы переходов с допусками.
  - 4) Неуказанные предельные отклонения размеров.
  - 5) Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей, если они не показаны условными обозначениями на видах.
  - 6) Допустимую величину смещения по поверхности разъема штампа.
  - 7) Допустимую величину остаточного облоя.
  - 8) Текст маркировки.

## 1. Пример выполнения работы №7

Деталь – «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Метод получения заготовки – штамповка в открытом штампе на прессе.

### 5.1. Проектирование заготовки

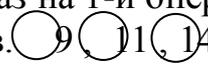
- 1) Вычерчиваем контур детали. Проставляем размеры (рис. 7.1)
- 2) Вычерчиваем контур заготовки, заготовка будет содержать 3 ступени (рис. 7.1).
- 3) Определяем припуски на обработку по таблице 4.7. Результаты заносим в графу 3 табл. 7.7. Определяем расчетные размеры заготовки путем прибавления припусков к размерам детали и округления их до 0,5 мм в сторону увеличения припуска. Результаты заносим в графу 4 табл. 7.7.
- 4) Плоскость разъема – диаметральное продольное сечение заготовки. При таком положении плоскости разъема полость штампа имеет наименьшую глубину. В этой плоскости удобно контролировать смещение штампа. Заготовка получается симметричной, что делает возможность поворачивания ее при штамповке и уменьшать износ штампа.
- 5) В качестве технологических баз на 1-й операции мехобработки целесообразно использовать ОБ – пов. .
- 6) Определяем класс точности Т штамповки. При открытой штамповке обеспечивается точность Т4.

Таблица 7.7

## Расчет размеров заготовки

Обознач. размера	Размер, мм	Припуск 2Z, мм	Размер загот., мм	Допуск Td, мм	Положение поля допуска
1	2	3	4	5	6
2А	50	7	57	4	+3; -1
2Б	70	8	78	4	+3; -1
2В	128	7	135	4	+3; -1
2Г	60	8	68	4	+3; -1
Д	160	10	170	5,6	+4; -1,6
Е	60	8	68	4	+3; -1
Ж	50	7	57	4	+3; -1
И	400	15	415	5,6	+4; -1,6

7) Определяем группу стали М в зависимости от содержания углерода С и легирующих элементов Л. Для стали 40ХГНМ У=0,35...0,43%, Л<5% (см. пример выполнения работы №2), что соответствует группе М2.

8) Определяем степень сложности заготовки в зависимости от коэффициента  $K_c = W_3/W_0$ , где –  $W_3$  – объем заготовки;  $W_0$  – объем описанного цилиндра.

$$W_3 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 \ell_1 + d_2^2 \ell_2 + d_3^2 \ell_3 + d_4^2 \ell_4)$$

где  $d_i$  и  $\ell_i$  - диаметр и длина соответствующей ступени заготовки.

$$W_3 = 0,785 \cdot (5,7^2 \cdot 17 + 7,8^2 \cdot 6,8 + 13,5^2 \cdot 5,7 + 6,8^2 \cdot 12) = 2560 \text{ см}^3$$

$$W_0 = \frac{\pi d^2 \ell}{4}$$

где  $d$  – диаметр описанного цилиндра;  $\ell$  - длина заготовки.

$$W_0 = 0,785 \cdot 13,5^2 \cdot 41,5 = 5937 \text{ см}^3$$

$$K_c = \frac{2560}{5937} = 0,43.$$

что соответствует степени сложности С2.

1) Определяем исходный индекс И.

$$И = И_0 + И_М + И_С + И_Т$$

где  $И_0$  – начальный индекс, зависящий от массы заготовки.

$И_М$ ,  $И_С$ ,  $И_Т$  – добавочные индексы в зависимости от М, С, Т. Масса заготовки.

$$m_3 = \rho W_3 = 7,85 \cdot 2560 = 20096 \text{ г} = 20 \text{ кг}.$$

здесь  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$  – плотность стали

По табл. 7.2

для  $m_3=20$   $И_0=9$ ;  $И_М=1$ ;  $И_С=1$ ;  $И_Т=4$ .

Тогда  $I=9+1+1+4=15$

10) Определяем допуски на размеры заготовки в зависимости от исходного индекса по табл. 7.3 и заносим их значения в графу 5 табл. 7.7.

11) Определяем штамповочные уклоны. Согласно рекомендациям принимаем значения уклонов  $7^\circ$ .

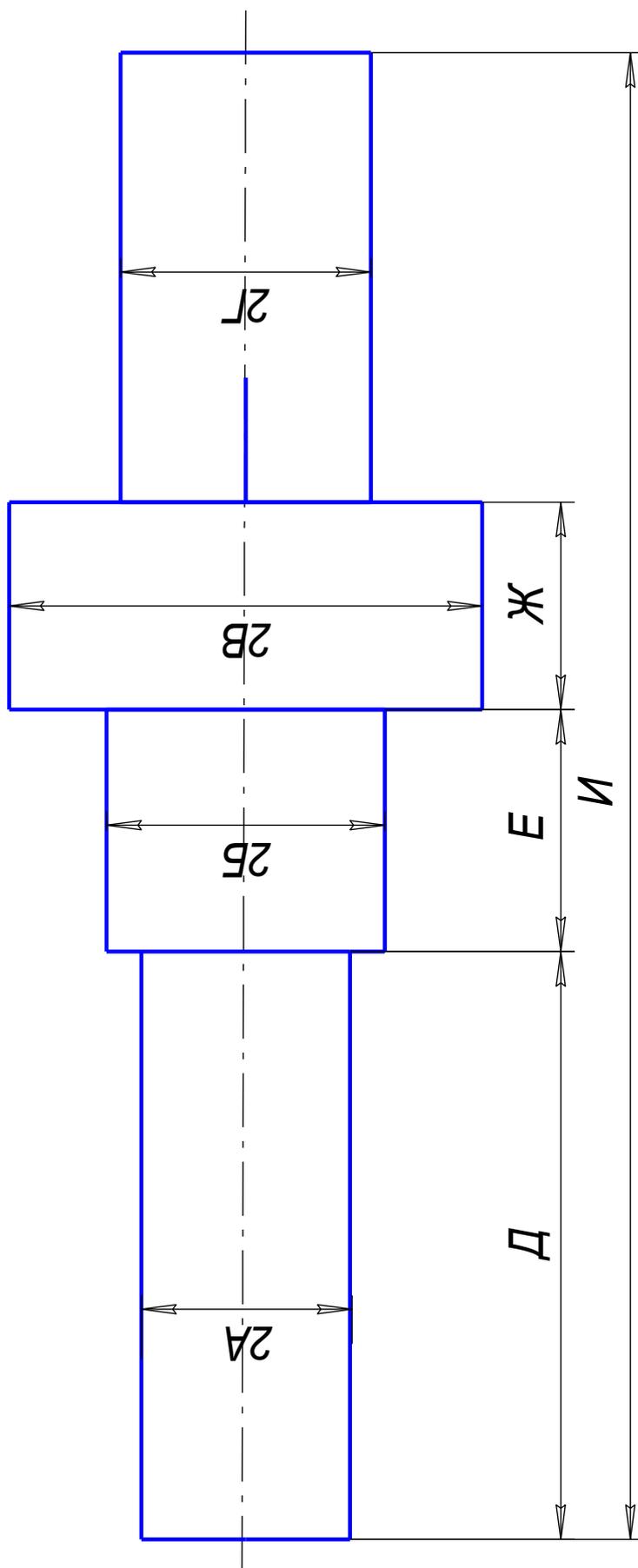
12) Определяем радиусы закруглений  $R$ . По табл. 7.3 для глубины полости штампа 20 мм при массе заготовки  $m_3=20$  кг  $R=3$  мм. Допуск на радиус для класса точности Т4 составляет  $\pm 0,25R=\pm 0,75$  мм.

13) Определяем допустимые значения остаточного облоя  $T_o$  и смещения штампа  $T_c$ . По табл. 7.4 для  $m_3=20$  кг и точности Т4  $T_o=1,2$  мм,  $T_c=1$  мм.

## 5.2. Выполнение рабочего чертежа заготовки.

Рабочий чертеж заготовки выполняем в соответствии с требованиями ЕСКД и рекомендациям [1].

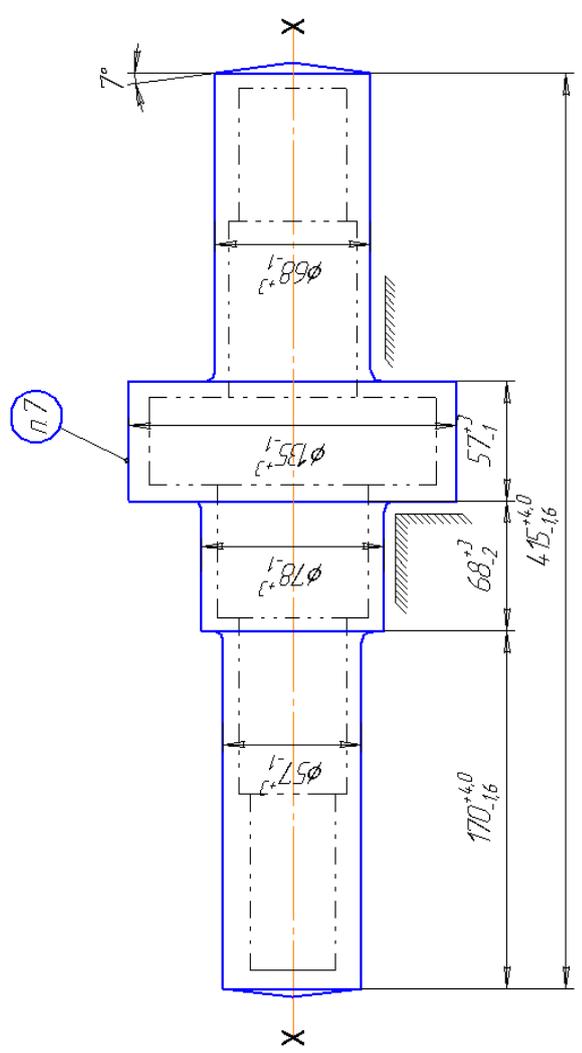
Рабочий чертеж заготовки – черт. 06.ТМ.13.001.



*Рис. 7.1. Размеры заготовки*

07.ТМ.13.001

№№, № подл.	Подл. и дата	Взам. унб. №	№№, № дубл.	Подл. и дата	Спроб. №	Ларб. примен.
-------------	--------------	--------------	-------------	--------------	----------	---------------



1. 187+20HB
2. На поверхности допускаются дефекты глубины до 0,5 припуска на обработку
3. Неуказанные штамповочные уклоны 7°
4. Неуказанные радиусы галтелей R2±0,5
5. Допускаемая величина смещения по поверхности разбега штампа 0,6
6. Допускаемая величина остаточного обдоя 12
7. Черновые технологические дазы
8. Маркировать 06. ТМ 13.001

07.ТМ.13.001		Лит	К	22	11	Листов
Заготовка		№ докум.	Подл.	Дата		
40ХГНМ ГОСТ 4543-71		Разраб	Костин		ТУ АМ	
		Ларб	Гордеев		ар. МК-502	
		Контр			Формат А3	
		Н.контр				
		Члб				

А

## 8. Разработка технологического маршрута

*Цель работы* – приобретение навыка разработки технологического маршрута обработки деталей на базе типового маршрута.

### 1. Общие положения

**Технологический маршрут** – перечень операций ТП в их последовательности.

Оптимальным считается такой маршрут, который обеспечивает минимальную себестоимость  $C$  обработки:

$$\sum_{i=1}^k C_i \rightarrow \min \quad (8.1)$$

где  $C$  – себестоимость операции,

$i$  – номер операции,

$k$  – число операций.

Для большинства типов деталей разработаны так называемые типовые маршруты, которые, как правило, обеспечивают выполнение условия (8.1). Поэтому маршруты обработки каждого конкретного наименования детали разрабатывают на базе типового маршрута, внося в него необходимые изменения, обусловленные особенностями конструкции данной детали и техническими возможностями производства.

При этом стараются выполнять следующие условия:

1) Обработку целесообразно разделить на черновую и чистовую. Черновую обработку выполняют на станках пониженной точности, с большими значениями глубины резания и подачи, в приспособлениях, обеспечивающих большую силу зажима, режущим инструментом из высокопрочного материала. Чистовую обработку выполняют на станках повышенной точности, с высокой скоростью резания, в приспособлениях, обеспечивающих высокую точность установки, режущим инструментом из износостойкого материала.

Совмещать черновую и чистовую обработку на одной операции целесообразно только при высокой точности исходной заготовки либо в случаях, когда установка заготовки связана с большими затратами времени (например, в тяжелом машиностроении).

2) На 1-ой операции обрабатывают поверхности, используемые в дальнейшем как технологические базы (ТБ), при этом в качестве ТБ на 1-ой операции (черновые ТБ) целесообразно использовать основные конструкторские базы.

Если у детали обрабатываются не все поверхности, то на 1-ой операции в качестве ТБ используют поверхность, остающуюся черной. Это обеспечит правильное взаимное расположение обработанных поверхностей относительно необработанной.

3) В целях уменьшения пространственных отклонений поверхностей, связанных жесткими допусками, их целесообразно обработать на одном установе. Если этого сделать не удастся, то при обработке одной из этих поверхностей другую используют в качестве ТБ.

Наиболее точные поверхности следует обрабатывать в конце технологического маршрута.

4) При обработке ответственных деталей с целью снятия внутренних напряжений после операций черновой обработки проводят термообработку – стабилизационный отпуск.

5) Термообработку – закалку с отпуском проводят перед чистовыми операциями мехобработки. При этом целесообразно, как правило, до термообработки выполнить операции лезвийной обработки, а после термообработки – операции абразивной обработки.

## 2. Задачи работы

На базе типового технологического маршрута разработать маршрут обработки детали при данном типе производства.

## 3. Порядок выполнения работы

1) Выписывают столбиком номера поверхностей, их форму, точность и шероховатость.

2) Для каждой поверхности определяют последовательность обработки согласно методическим указаниям к работе № 5.

3) Используя типовой технологический маршрут, определяют порядок и наименование операций с указанием поверхностей, обрабатываемых на каждой операции. Записывают их столбиком.

4) Анализируют маршрут на предмет целесообразности перестановки, объединения, разделения или замены операций, исходя из типа производства и наличия оборудования.

5) Присваивают каждой операции номер, кратный 10, и название в виде прилагательного по групповой или детальной форме. Групповая форма предполагает названия операций по виду обработки (агрегатная, зубообрабатывающая, протяжная, расточная, сверлильная, токарная, фрезерная, шлифовальная), детальная – по типу оборудования (зубодолбежная, зубострогальная, зубофрезерная и т.п.)

## 4. Пример выполнения работы №8

Разработать технологический маршрут обработки детали «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001. Производство среднесерийное.

1) Выписываем номера поверхностей, их форму, точность размеров, формы и расположения, шероховатость. Заносим эти данные в графы 1-5 табл. 8.1.

Таблица 8.1

## Методы обработки поверхностей детали «Вал промежуточный»

№ пов.	Форма	Квалитет точности		Шерохов. Ra, мкм	Методы обработки
		размера	форм., расп.		
1	2	3	4	5	6
1	П	14		12,5	Ф-ТО
2	П	11		12,5	Ф-ТО
3	П	9	9	1,6	Ф-ТО
4	Ц	8	8	1,6	Т-Т <sub>п</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО-Ш <sub>п</sub>
5	П	14	10	2,5	Т-Т <sub>п</sub> -ТО
6	Ц	6	7	0,4	Т-Т <sub>п</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО-Ш <sub>п</sub> -Ш <sub>ч</sub> -ПО
7	Ф	15		12,5	Т-ТО
8	П	12	8	2,5	Т-Т <sub>п</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО
9	Ц	14		12,5	Т-ТО
10	П	14		12,5	Т-ТО
11	Ц	11		3,2	Т-Т <sub>п</sub> -ТО
12	Ф	6 ст.		0,8	3Ф-СФ-ШВ-ТО-Ш <sub>ч</sub>
13	П	14		12,5	Т-ТО
14	Ц	14		12,5	Т-ТО
15	П	12	8	2,5	Т-Т <sub>п</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО
16	Ф	15		12,5	Т-ТО
17	Ц	6	7	0,8	Т-Т <sub>п</sub> -Т <sub>ч</sub> -ТО-Ш <sub>п</sub> -Ш <sub>ч</sub>
18	П	14		12,5	Ф-ТО
19,20	КВ	9		0,8	С-ТО-Ш <sub>ч</sub>
21	Ф	14		12,5	Т-ТО

1) Для каждой поверхности определяем методы обработки и записываем их в графу 6 табл. 8.1 [1].

2) Используя типовой технологический маршрут [2], определяем предварительно порядок и наименование операций по обработке поверхностей детали «Вал промежуточный». Полученные данные заносим в табл. 8.2.

3) Анализируем предварительный маршрут на предмет целесообразности перестановки, объединения, разделения или замены операций.

Учитывая серийный тип производства, объединяем в одну операцию фрезерование торцов (1), (18) и сверление центровых отверстий (19), (20), полагая, что они будут выполняться на фрезерно-центровальном станке.

Операции полустогового и чистового точения объединим в одну для каждого конца вала.

4) С учетом этих изменений формируем окончательный вариант технологического маршрута, который представлен в табл. 8.3.

Таблица 8.2

## Предварительный маршрут обработки детали “Вал промежуточный”

№ п/п	Операция	Обрабатываемые поверхности
1	2	3
1	Фрезерование торцов	1,18
2	Сверление центровых отверстий	19,20
3	Черновое точение правого конца	10,11,13,14,15,16,17
4	Черновое точение левого конца	4,5,6,7,8,9,21
5	Получистовое точение правого конца	11,15,17
6	Получистовое точение левого конца	4,5,6,8
7	Чистовое точение правого конца	15,17
8	Чистовое точение левого конца	4,6,8
9	Фрезерование шпоночного паза	2,3
10	Зубофрезерование	12
11	Снятие фасок	12
12	Шевингование	12
13	Термообработка закалка	
14	Зачистка центровых отверстий	19,20
15	Получистовое шлифование правого конца	17
16	Получистовое шлифование левого конца	4,6
17	Чистовое шлифование правого конца	17
18	Чистовое шлифование левого конца	6
19	Шлифование зубьев	12

Таблица 8.3.

## Окончательный маршрут обработки детали “Вал промежуточный”

№ п/п	Наименование операции	Содержание операции
1	2	3
10	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцов 1,18. Сверление центровых отверстий 19,20
20	Токарная	Черновое точение пов. 10,11,13–17
30	Токарная	Черновое точение пов. 4–9, 21
40	Токарная	Получистовое и чистовое точение пов. 11, 15, 17
50	Токарная	Получистовое и чистовое точение пов. 4-6, 8
60	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза пов. 2,3
70	Зубофрезерная	Фрезерование зубьев 12
80	Зубофасочная	Снятие фасок 12

Продолжение табл. 8.3

90	Шевинговальная	Шевингование пов. 12
100	Термообработка	Закалка с отпуском
110	Центрошлифовальная	Зачистка центровых отверстий 19, 20
120	Шлифовальная	Получистовое и чистовое шлифование пов. 17
130	Шлифовальная	Получистовое и чистовое шлифование пов. 4,6
140	Зубошлифовальная	Шлифование зубьев 12
150	Полировальная	Полирование пов. 6

## 9. Разработка схем базирования

*Цель работы* – овладение методикой разработки оптимальных схем базирования заготовки при мехобработке.

### 1. Общие положения

Установка заготовки на станке включает 2 этапа – базирование и закрепление.

**Базирование** – придание заготовке требуемого положения относительно направлений движения рабочих органов станка.

**Закрепление** – фиксация заготовки в требуемом положении.

Согласно положениям теоретической механики заданное положение тела относительно выбранной системы координат достигается лишением его 6 степеней свободы (перемещений вдоль трех координатных осей и поворотов вокруг этих осей) путем наложения жестких связей. Связи реализуются через контакт с поверхностями других тел в 6 точках – **опорных точках** (рис. 9.1).

Поверхности заготовки, а также принадлежащие ей линии, оси, точки, на которых расположены опорные точки при базировании заготовки в приспособлении, называют **технологическими базами** (ТБ).

ТБ различают по числу лишаемых степеней свободы: **установочная** – лишает заготовку 3 степеней свободы (пов. ①, рис. 9.1), **направляющая** – 2 (пов. ②), **упорная** – 1 (пов. ③), а также двойная направляющая – 4 и двойная упорная – 2 степеней свободы.

ТБ различают и по характеру проявления: **явные** – реальные поверхности, линии, точки и **скрытые** (неявные) – воображаемые поверхности, линии, точки.

Схема расположения опорных точек на ТБ называется **схемой базирования** (СБ). Опорные точки обозначают на СБ условными знаками (см. рис. 9.1 б) и нумеруют.

Различают **теоретическую СБ**, в которой используют как явные, так и скрытые ТБ, и **реальную СБ**, в которой используют только явные ТБ.

Отклонение фактического положения заготовки от номинального называют **погрешностью базирования**  $\omega_\sigma$ . СБ, при которой  $\omega_\sigma = 0$ , называют **идеальной СБ**. В идеальной СБ в качестве ТБ используют **измерительные базы** – поверхности, линии, оси и точки, от которых задан измеряемый параметр (так называемый принцип единства баз).

### 2. Задачи работы

Разработать теоретическую схему базирования для заданной операции (установа) техпроцесса мехобработки детали

### 3. Порядок выполнения работы

1) Определяют измерительные базы для каждого выполняемого на данном установе размера.

2) На каждой измерительной базе размещают по одной опорной точке, лишаящей заготовку возможности перемещения вдоль координатных осей X, Y, Z и обеспечивающей **точность размеров**.

3) Определяют измерительные базы для каждого из требований расположения поверхностей (несоосность, непараллельность, биение и т.п.).

4) На каждой измерительной базе добавляют необходимое число опорных точек, лишаящих заготовку поворотов вокруг координатных осей X, Y, Z и обеспечивающих **точность расположения** поверхностей.

Необходимо иметь в виду, что для обеспечения точности размера достаточно иметь 1 опорную точку, а для обеспечения точности расположения – несколько опорных точек. При этом можно воспользоваться следующими рекомендациями табл. 9.1.(см. рис. 9.2).

Таблица 9.1

Число опорных точек на схеме базирования, обеспечивающее выполнение технических требований расположения

№ схемы	Технические требования	Число опорных точек	
		Всего	В т.ч. на изм. базе не менее
1	Плоскость ①    плоскости ②	3	2
2	Плоскость ① √ плоскости ③	2	1
3	Плоскость ①    оси ④	2	1
4	Плоскость ① √ оси ⑤	4	2
5	Ось ④    плоскости ①	2	1
6	Ось ⑤ √ плоскости ①	3	2
7	Ось ④    оси ⑥	4	2
8	Ось ④ √ оси ⑤	2	1

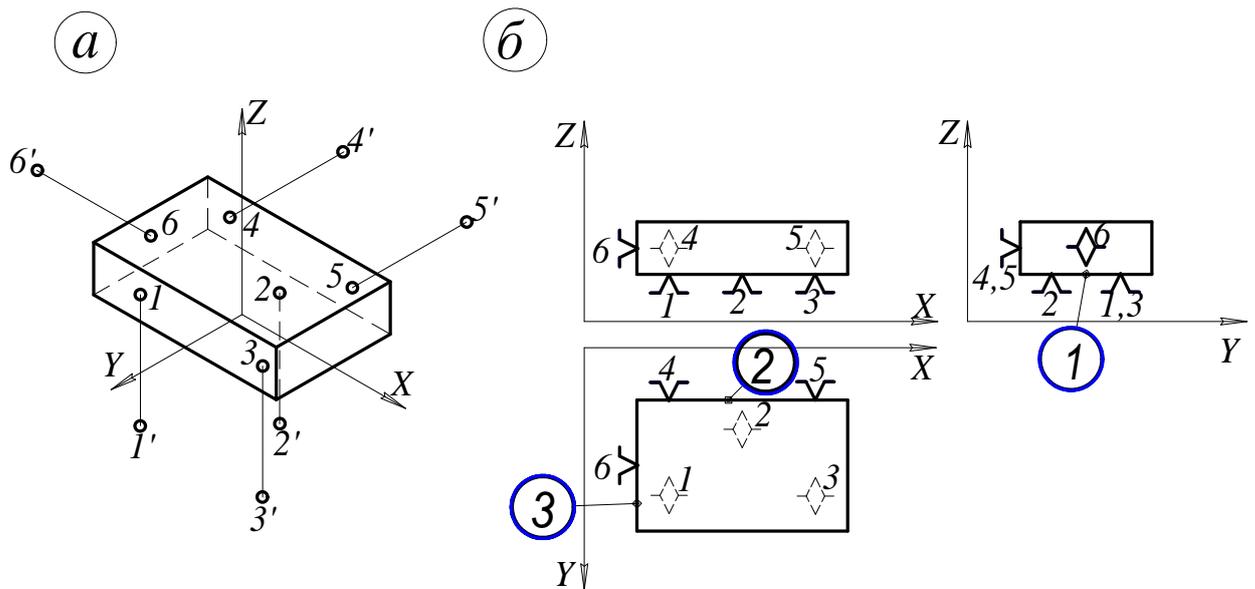


Рис. 9.1.

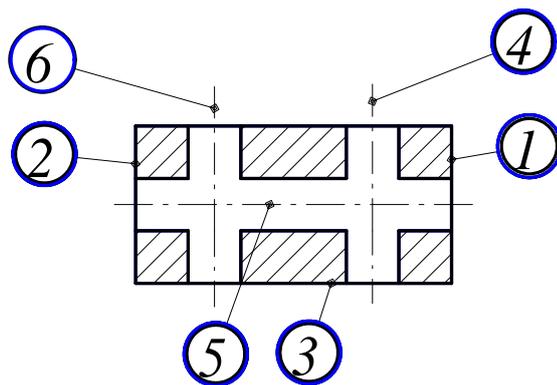


Рис. 9.2.

#### 4. Пример выполнения работы № 9

Разработать теоретическую схему базирования для фрезерной операции обработки детали “Корпус”, рис. 9.3а.

На эскизе детали проводим оси координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , за начало координат принимаем точку  $O$  (рис. 9.3б).

Определяем измерительные базы размеров  $A$  и  $B$ . Измерительная база размера  $A$  – плоскость ②. Располагаем на пов. ②, рис. 9.3б, опорную точку 1. Измерительная база размера  $B$  – плоскость ③. Располагаем на пов. ③ опорную точку 2.

Измерительная база технического требования перпендикулярности – плоскость ①, проходящая через оси отверстий. Чтобы лишить эту плоскость

возможности поворота вокруг оси  $OY$ , необходимо к имеющейся опорной точке 1 добавить опорную точку 3, расположив ее на плоскости 1.

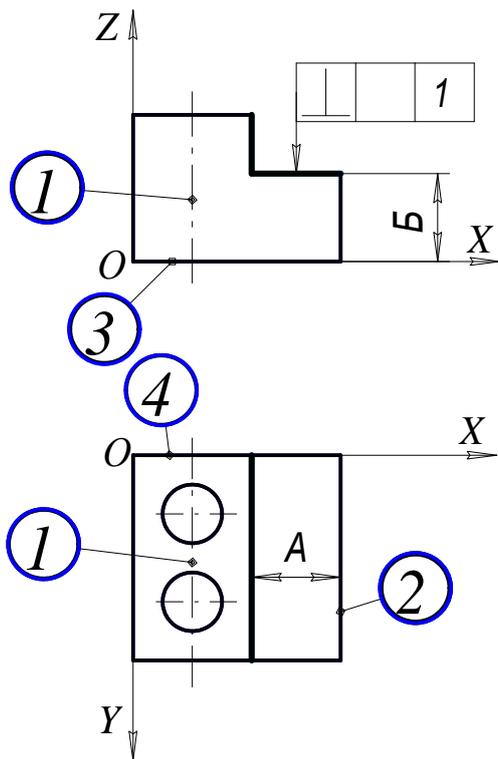


Рис. 9.3а

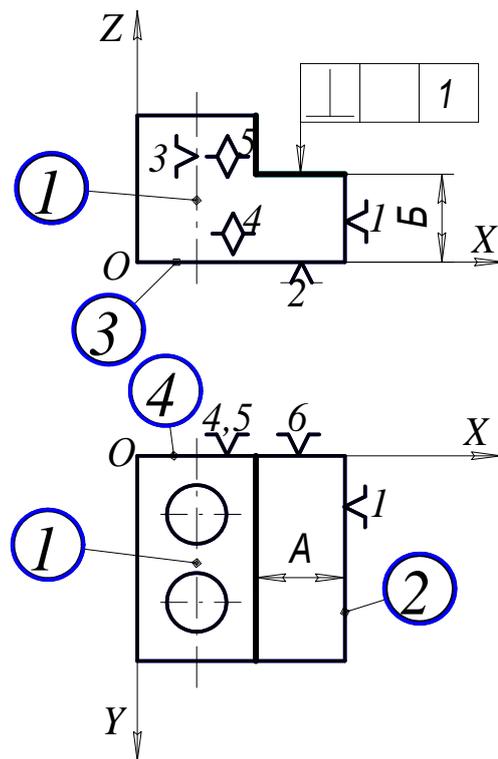


Рис. 9.3б

Мы выполнили заданные требования, обеспечив точность размеров  $A$  и  $B$  и положение обрабатываемой плоскости. Теперь заготовка лишена перемещений вдоль осей  $OX$  и  $OZ$  и поворота вокруг оси  $OY$ . Чтобы лишить заготовку остальных степеней свободы, располагаем дополнительно на поверхности 4 точки 4 (лишает перемещения вдоль оси  $OY$ ), 5 (лишает поворота вокруг оси  $OX$ ) и 6 (лишает поворота вокруг оси  $OZ$ ).

Из выбранных баз базы 2, 3, 4 являются явными, а осевая плоскость 1 – неявной. На реальной схеме базирования базой опорной точки 3 будет поверхность одного из отверстий.

## 10. Разработка плана обработки детали

*Цель работы* – приобретение навыка разработки плана обработки детали.

### 1. Общие положения

**План обработки** – информация о технологическом маршруте обработки детали, представленная в наглядной графической форме.

План обработки представляет таблицу из 3-х граф.

**Графа 1:** № и наименование операции

Графа содержит:

- 1) № операции по техпроцессу;
- 2) № установка в операции;
- 3) Наименование операции, установка;
- 4) Предполагаемый тип станка, его точность. Позднее здесь же указывают модель станка.

**Графа 2:** Схема обработки.

Графа содержит:

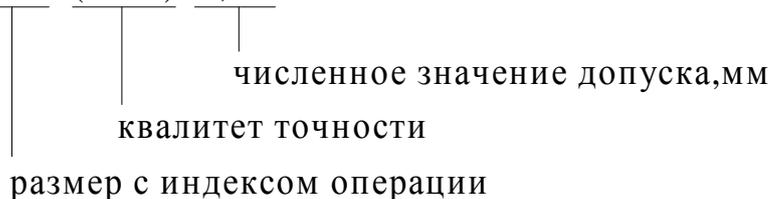
- 1) Изображение заготовки в положении обработки на момент окончания обработки с выделением обрабатываемых поверхностей красным цветом (или жирной линией);
- 2) Опорные точки схемы базирования, показанные условными обозначениями по ГОСТ 3.1107 -81;
- 3) Обозначение обработанных поверхностей, измерительных и технологических баз в виде цифры (той же, что на эскизе детали) в кружке на выноске с индексом – номером операции, на которой получена данная поверхность;
- 4) Размеры обработки, получаемые на данной операции, и расстояния от обработанных поверхностей до технологических баз, обозначенные буквами русского алфавита с индексом операции, на которой они получены; при этом перед буквой, обозначающей диаметр, ставят цифру 2.
- 5) Шероховатость поверхности – в правом верхнем углу по ГОСТ 2.309-73.

**Графа 3:** Технические требования.

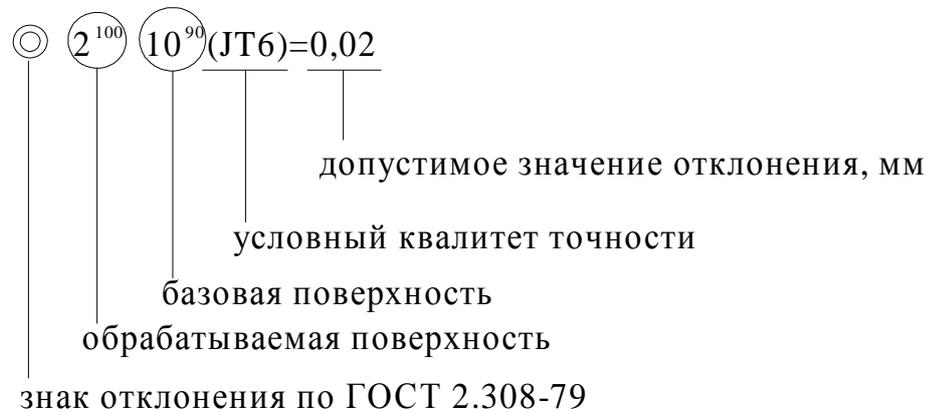
Графа содержит:

- 1) Условные обозначения допусков на размер в виде:

$T2B^{30}(JT12)=0,25$



2) Условные обозначения допусков формы и расположения в виде:



При назначении технических требований точность обработки определяется следующими факторами:

- 1) точностью технологической системы станок-приспособление (так называемая среднестатистическая точность);
- 2) точностью формы и расположения технологических баз;
- 3) погрешностью базирования вследствие нарушения принципа единства баз;
- 4) точностью настройки инструментов в блоке при многоинструментальной обработке;
- 5) точностью инструментов, работающих по методу копирования.

При назначении предельных значений погрешностей формы и расположения принимаем их равными в сумме 60% допуска на размер (так называемая нормальная относительная точность).

## 2. Задачи работы

Для разработанного технологического маршрута обработки детали разработать план обработки.

## 3. Пример выполнения работы №10

Разработать план обработки детали «Вал-шестерня», черт. 07.ТМ.13.001 на базе технологического маршрута, разработанного в работе №8.

Таблица 10.1

Операция	Схема обработки	Технические требования
1	2	3
<p>000 – заготовительная горячая штамповка (JT 16)</p>		<p> <math>T2A^{00}</math> (JT 16)=1,9  <math>T2B^{00}</math> (JT 16)=1,9  <math>T2B^{00}</math> (JT 16)=2,5  <math>TГ^{00}</math> (JT 16)=1,9  <math>TД^{00}</math> (JT 16)=2,5  <math>TЕ^{00}</math> (JT 16)=1,9  <math>TЖ^{00}</math> (JT 16)=1,9  <math>TЗ^{00}</math> (JT 16)=4  <math>\leftarrow \begin{matrix} 6^{20} \\ 4^{00} \end{matrix} \right.</math>  (JT 16)=0,8  <math>\leftarrow \begin{matrix} 8^{10} \end{matrix} \right.</math> (JT 16)=0,4 </p>
<p>010 фрезерно – центровая фрезерно – центровой MP-76AM (JT 14/9)</p>		<p> <math>TД^{10}</math> (JT 16)=2,5  <math>TЗ^{10}</math> (JT 14)=1,55  <math>T2И^{10}</math> (JT 9)=0,043  <math>\leftarrow \begin{matrix} 1^{10} \end{matrix} \right.</math> (JT 14)=0,69  <math>\leftarrow \begin{matrix} 18^{10} \end{matrix} \right.</math> (JT 14)=0,69 </p>
<p>020 – токарная токарно – винторезный 16Б16 (JT 12)</p>		<p> <math>T2B^{20}</math> (JT 12)=0,4  <math>T2Г^{20}</math> (JT 12)=0,3  <math>T2К^{20}</math> (JT 12)=0,3  <math>TЛ^{20}</math> (JT 14)=1,3  <math>TМ^{20}</math> (JT 14)=1,4  <math>TН^{20}</math> (JT 12)=0,3  <math>\leftarrow \begin{matrix} 13^{20} \end{matrix} \right.</math> (JT 12)=0,16  <math>\leftarrow \begin{matrix} 15^{20} \end{matrix} \right.</math> (JT 12)=0,2 </p>

Продолжение табл. 10.1

<p>030 – токарная токарно – винторезный 16Б16(ЖТ 12)</p>		<p> <math>T2\Pi^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,25</math>  <math>T2A^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,25</math>  <math>T2B^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,3</math>  <math>TE^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,30</math>  <math>TУ^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,35</math>  <math>TP^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,3</math>  <math>TT^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,4</math>  <math>TC^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,46</math>  <math>\leftarrow 5^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,12</math>  <math>\leftarrow 8^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,12</math>  <math>\leftarrow 10^{30}(\text{ЖТ } 12)=0,1</math>  <math>\neg 6^{30} 14^{20}(\text{ЖТ } 12)=0,16</math> </p>
<p>040 – токарная чистовая токарно – винторезный с ЧПУ 16Б16ПТ1 (ЖТ 8)</p>		<p> <math>T2B^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,063</math>  <math>T2K^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,039</math>  <math>TT^{40}(\text{ЖТ } 12)=0,4</math>  <math>\leftarrow 15^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,03</math> </p>
<p>050 – токарная чистовая токарно – винторезный с ЧПУ 16Б16ПТ1 (ЖТ 8)</p>		<p> <math>T2\Pi^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,039</math>  <math>T2A^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,046</math>  <math>TT^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,063</math>  <math>TC^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,072</math>  <math>\leftarrow 5^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,02</math>  <math>\leftarrow 8^{50}(\text{ЖТ } 8)=0,016</math>  <math>\neg 4^{50} 6^{40}(\text{ЖТ } 8)=0,016</math> </p>

Продолжение табл. 10.1

<p>060 – фрезерная горизонтальный шпоночно-фрезерный станок 692P (ЛТ 9)</p>	<p style="text-align: center;"><math>\sqrt{Ra\ 12,5}</math> (✓)</p> <p style="text-align: center;"><math>\Phi\ 60</math></p> <p style="text-align: center;"><math>60</math></p>	<p><math>T\Phi^{60}(ЛТ\ 15)=0,58</math>  <math>TX^{60}(ЛТ\ 9)=0,036</math>  <math>TЦ^{60}(ЛТ\ 11)=0,16</math>  <math>\wedge 3^{60}(ЛТ\ 9)=0,02</math></p>
<p>070 – зубофрезерная вертикальный зубофрезерный станок 53A20</p>	<p style="text-align: center;"><math>\sqrt{Ra\ 32}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>20^{10}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>14^{40}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>6</math></p> <p style="text-align: center;"><math>24^{70}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>70</math></p> <p style="text-align: center;"><math>19^{10}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>5</math></p> <p style="text-align: center;"><math>24^{70}</math></p>	<p>8 степень точности</p>

Продолжение табл. 10.1

<p>080 – снятие фасок зубофасочный ВС-320А (ЛТ 6)</p>		
<p>090 шевинговальная зубошевинговальный 5702В (ЛТ 6)</p>		<p>6 степень точности</p>
<p>100 термообработка</p>	<p>Закалка и отпуск</p>	

Продолжение табл. 10.1

<p>110 – центрошлифовальная центрошлифовальный 3922E (JT 7)</p>	<p style="text-align: right;"><math>Ra\ 1,25</math></p>	
<p>120 – шлифовальная круглошлифовальный 3A151 (JT 6)</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 3,2}</math></p>	$T2K^{50}(JT\ 6)=0,016$
<p>130 – шлифовальная круглошлифовальный 3A151 (JT 6)</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 0,8\ (\surd)}</math></p>	$T2\Pi^{130}(JT\ 6)=0,016$ $T2A^{130}(JT\ 6)=0,016$

Продолжение табл. 10.1

<p>140 - зубошлифовальная зубошлифовальный 5851 (JT 6)</p>	<p><math>\sqrt{Ra} 0,8</math></p>	<p>6 степень точности</p>
<p>150 — полировальная полировально- шлифовальный станок ЗА352 (JT 6)</p>	<p><math>\sqrt{Ra} 0,4</math></p>	<p>ТЩ<sup>150</sup> (JT 6)=0,016</p>

## 11. Выбор средств технологического оснащения

Задача раздела – выбрать для каждой операции ТП такие оборудование, приспособление, режущий инструмент (РИ) и средства контроля, которые бы обеспечили заданный выпуск деталей заданного качества с минимальными затратами.

### 1. Выбор оборудования

При выборе типа и модели металлорежущих станков будем руководствоваться следующими правилами:

1) Производительность, точность, габариты, мощность станка должны быть минимальными достаточными для того, чтобы обеспечить выполнение требований предъявленных к операции.

2) Станок должен обеспечить максимальную концентрацию переходов на операции в целях уменьшения числа операций, количества оборудования, повышения производительности и точности за счет уменьшения числа перестановок заготовки.

3) В случае недостаточной загрузки станка его технические характеристики должны позволять обрабатывать другие детали, выпускаемые данным цехом, участком.

4) Оборудование не должно быть дефицитным, следует отдавать предпочтение отечественным станкам.

5) В мелкосерийном производстве следует применять преимущественно универсальные станки, револьверные станки, станки с ЧПУ, многоцелевые станки (обрабатывающие центры). На каждом станке в месяц должно выполняться не более 40 операций при смене деталей по определенной закономерности.

6) Оборудование должно отвечать требованиям безопасности, эргономики и экологии.

Если для какой-то операции этим требованиям удовлетворяет несколько моделей станков, то для окончательного выбора будем проводить сравнительный экономический анализ.

Выбор оборудования проводим в следующей последовательности:

1) Исходя из формы обрабатываемой поверхности и метода обработки, выбираем группу станков.

2) Исходя из положения обрабатываемой поверхности, выбираем тип станка.

3) Исходя из габаритных размеров заготовки, размеров обработанных поверхностей и точности обработки выбираем типоразмер (модель) станка. Данные по выбору оборудования заносим в табл. 11.1.

## 2. Выбор приспособлений

При выборе приспособлений будем руководствоваться следующими правилами:

1) Приспособление должно обеспечивать материализацию теоретической схемы базирования на каждой операции с помощью опорных и установочных элементов.

2) Приспособление должно обеспечивать надежное закрепление заготовки обработке.

3) Приспособление должно быть быстродействующим.

4) Зажим заготовки должен осуществляться, как правило, автоматически.

5) Следует отдавать предпочтение стандартным, нормализованным, универсально-сборным приспособлениям, и только при их отсутствии проектировать специальные приспособления.

Исходя из типа и модели станка и метода обработки, выбираем тип приспособления.

Выбор приспособления будем производить в следующем порядке:

1) Исходя из теоретической схемы базирования и формы базовых поверхностей, выбираем вид и форму опорных, зажимных и установочных элементов.

2) Исходя из расположения базовых поверхностей и их состояния (точность, шероховатость), формы заготовки и расположения обрабатываемых поверхностей выбираем конструкцию приспособлений.

3) Исходя из габаритов заготовки и размеров базовых поверхностей, выбираем типоразмер приспособления.

После расчета режима резания (разд. 12) определим силы резания, по значению которых рассчитываем силу зажима, достаточную для обеспечения надежного закрепления.

Учитывая передаточный коэффициент усиления, определим усилие и мощность привода. Сравним эти значения с характеристиками приспособления. Если силы зажима или мощность превосходят допустимые значения, то выбираем более мощное приспособление.

Данные по выбору приспособлений заносим в табл. 11.2.

Таблица 11.1.

## Выбор технологического оборудования

№ операции	№ Поверхности	Форма пов.	Метод обработки	Расположение поверхностей	Габариты заготовки, мм×мм	Размеры обработ. поверхн.	Квалитет точности	Тип, модель оборудования	Место изготовления
1	2	3	4	5	5	7	8	9	10
10	1,18, 19,20	П Ф	Фрезерование, сверление	Гориз. Вертик.	412,5× ×138	400 Ø13,2×14	14, 9	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-76АМ	г. Москва
20	10 11 13 14 15 16 17	П Ц П Ц П Ф Ц	Точение	Вертик. Гориз. Вертик. Гориз. Вертик. Гориз. Гориз.	400×128	60 Ø128×50 110 Ø60×70 180 3 Ø50×60	12	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	г. Самара
30	4 5 6 7 8 9 21	Ц П Ц Ф П Ц Ф	Точение	Гориз. Вертик. Гориз. Гориз. Вертик. Гориз. Гориз.	400×128	Ø40×80 80 Ø50×80 3 0 Ø70×60 3	12	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	г. Самара
40	11 15 17	Ц П Ц	Точение	Гориз. Вертик. Гориз.	400×128	Ø128×50 180 Ø50×60	8 12 8	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	г. Самара

Продолжение табл. 11.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	4	Ц	Точение	Гориз.	400×128	∅40×80	8	Токарно- винторезный ста- нок 16Б16ПТ1	г. Самара
	5	П		Вертик.		80	8		
	6	Ц		Гориз.		∅50×80	8		
	8	П		Вертик.		180	8		
60	2	П	Фрезерование	Гориз.	400×128	70	9	Горизонтальный шпоночно- фрезерный станок 692Р	г. Димит- ров
	3	П		Вертик.		12			
70	12	Ф	Зубофрезе- рование	Гориз.	400×128	50	8 ст.	Вертикальный зу- бофрезерный ста- нок 53А20	г. Виль- нюс
80	12	Ф	Снятие фасок	Гориз.	400×128	3		Зубофасочный станок ВС-320А	г. Ви- тебск
90	12	Ф	Шевин- гование	Гориз.	400×128	50	6ст.	Горизонтальный зубошевинговаль- ный станок 5702В	г. Ви- тебск
110	19, 20	К	Шлифование	Вертик.	400×128	∅13,2×14	8	Центрошлифо- вальный станок 3922Е	г. Москва
120	17	Ц	Шлифование	Гориз.	400×128	∅50×60	6	Круглошлифо- вальный станок 3А151	г. Харь- ков
130	4	Ц	Шлифование	Гориз.	400×128	∅40×80	6	Круглошлифо- вальный станок 3А151	г. Харь- ков
	6	Ц		Гориз.		∅50×40			
140	12	Ф	Зубошлифо- вание	Вертик.	400×128	50	6	Зубошлифоваль- ный станок 5851	



Продолжение табл. 11.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150	6	Ц	Полирование	Гориз.	400×128	Ø50×40	6	Полировально-шлифовальный станок 3А352	

Таблица 11.2.

## Выбор приспособлений

№ операции	Тип, модель станка	Метод обработки	Базовая поверхность.					Установочные элементы	Зажимные элементы	Габариты заготовки	Типоразмер приспособления
			№	Форма	Расположение	Размеры, мм	Вид базы				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Фрезерно-центральный МР-76АМ	Фрезерование, сверление	8 <sup>00</sup>	П	В	∅74,5	Опорная	Призма установочная	∅138× ×412,5	Тиски самоцентрирующиеся с призматическими губками ∅50 ГОСТ 12195-66	
			6 <sup>00</sup>	Ц	Г	∅54,5× ×160	Двойная направл.				
			14 <sup>00</sup>	Ц	Г	∅64,5× ×140					
20	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Точение	19 <sup>10</sup>	Ф	Г	∅13,2× ×14	Двойная направл.	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	∅138× ×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	Г	∅13,2× ×14					
			1 <sup>10</sup>	П	В	∅40	Опорная				

Продолжение табл. 11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Точечение	19 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 <sup>20</sup>	П	В	Ø60	Опорная				
40	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	Точечение	19 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 <sup>20</sup>	П	В	Ø70	Опорная				
50	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	Точечение	19 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128×400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 <sup>40</sup>	П	В	Ø60	Опорная				

Продолжение табл.11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	Вертикально шпоночно-фрезерный станок 692Р	Фрезерование	5 <sup>40</sup>	П	В	Ø30	Опорная	Установочная призма		Ø128×400	Тиски самоцентрирующиеся с призматическими губками Ø50 ГОСТ 12195-66
			6 <sup>50</sup>	Ц	Г	Ø50	Двойная направл.				
			17 <sup>40</sup>	Ц	Г	Ø50					
70	Вертикальный зубофрезерный станок 52А20	Зубофрезерование	19 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Лепестки цанги	Ø128×400	Патрон цанговый. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			1 <sup>10</sup>	П	В	Ø60	Опорная				
80	Зубофасочный станок ВС-320А	Снятие фасок	19 <sup>10</sup>	Ф	В	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Лепестки цанги	Ø128×400	Патрон цанговый. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	В	Ø13,2×14					
			19 <sup>10</sup>	П	Г	Ø60	Опорная				
90	Зубошеввинговальный станок 5702В	Зубошевингование	19 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Лепестки цанги	Ø128×400	Патрон цанговый. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>10</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 <sup>40</sup>	П	В	Ø60	Опорная				

Продолжение табл. 11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
110	Центро-шлифовальный станок 3К225В	Шлифование	20 <sup>100</sup>	Ф	В	Ø13,2×14	Тройная опорная	Торец кулачков	Кулачки	Ø128××400	Патрон мембранный ГОСТ 16157-70
			19 <sup>110</sup>	Ф	В	Ø13,2×14					
120	Круглошлифовальный станок 3А151	Шлифование	19 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойн направл	Центр неподвижный ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр подвижный ГОСТ 8740-75
			20 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 <sup>100</sup>	П	В	Ø70	Опорная				
130	Круглошлифовальный станок 3А151	Шлифование	19 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойн направл	Центр неподвижный ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр подвижный ГОСТ 8740-75
			20 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			15 <sup>120</sup>	П	В	Ø60	Опорная				

Продолжение табл. 11.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
140	Зубошлифовальный станок 5851	Шлифование	19 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр неподвижный-ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон цанговый ГОСТ 2571-71. Центр вращающийся ГОСТ 8742-75
			20 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 <sup>150</sup>	П	В	Ø70	Опорная				
150	Полировально-шлифовальный станок 3А352	Полирование	19 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14	Двойная направл.	Центр неподвижный-ГОСТ 8742-75	Кулачки инерционные	Ø128××400	Патрон поводковый ГОСТ 2571-71. Центр подвижный ГОСТ 8740-75
			20 <sup>110</sup>	Ф	Г	Ø13,2×14					
			8 <sup>150</sup>	П	В	Ø70	Опорная				





### 3. Выбор режущего инструмента

При выборе РИ будем руководствоваться следующими правилами:

1) Выбор инструментального материала определяется требованиями, с одной стороны, максимальной стойкости, а с другой минимальной стоимости.

2) Следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным инструментам. Специальный инструмент следует проектировать в крупносерийном и массовом производстве, выполнив предварительно сравнительный экономический анализ.

3) При проектировании специального РИ следует руководствоваться рекомендациями по совершенствованию РИ.

Выбор режущего инструмента (РИ) будем производить в следующем порядке:

1) Исходя из типа и модели станка, расположения обрабатываемых поверхностей и метода обработки, определяем вид РИ.

2) Исходя из марки обрабатываемого материала, его состояния и состояния поверхности, выбираем марку инструментального материала.

3) Исходя из формы обрабатываемой поверхности, назначаем геометрические параметры режущей части (форма передней поверхности, углы заточки:  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\varphi$ ,  $\varphi_1$ ,  $\lambda$ ; радиус при вершине).

4) Исходя из размеров обрабатываемой поверхности, выбираем конструкцию инструмента, его типоразмер и назначаем период стойкости  $T$ .

Данные по выбору РИ заносим в табл. 11.3.

### 4. Выбор средств контроля

При выборе средств контроля будем руководствоваться следующими правилами:

1) Точность измерительных инструментов и приспособлений должна быть существенно выше точности измеряемого размера, однако неоправданное повышение точности ведет к резкому удорожанию.

2) В единичном и мелкосерийном производстве следует применять инструменты общего назначения: штангенциркули, микрометры, длинномеры и т.д.

3) В крупносерийном – специальные инструменты.

4) Следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным средствам контроля.

Данные по выбору средств контроля заносим в табл. 11.4.

Результаты выбора средств технологического оснащения заносим в табл. 11.5.

Таблица 11.3.

## Выбор режущего инструмента

№ операции	Тип и модель станка	Метод обработки	Распол. обр.	Форма багвяаемый материал	Состояние поверхности	Форма обраб. пов.	Размеры обрабатываемой поверхности	Инструмент. материал	Геометрия режущей части	Вид и конструкция РИ	Типоразмер РИ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	Фрезерно-центровальный станок МР76АМ	Фрезерование,	В	Сталь 40ХГНМ, 241 НВ	С коркой	П	∅40 ∅50	ТТ20К9	$\omega=27^\circ$	Фреза Торцовая	Фреза торцовая ГОСТ 1695-80, ∅70
		Сверление	Г			Ф	∅13,2×14	Р6М5	$\psi=50^\circ$ $\alpha=12^\circ$	Сверло центровочное	Сверло центровочное, А 6,3, ГОСТ 14952-80
20	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Точение	Г,В		С коркой	П,Ц	∅128×50 ∅60×80 ∅50×80	Т5.К10	$\gamma=10^\circ, \alpha=10^\circ,$ $\varphi=90^\circ, r=1$ мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
30	Токарно-винторезный станок 16Б16Т1	Точение	Г,В		С коркой	П,Ц	∅40×80 ∅50×80 ∅70×60	Т5.К10	$\gamma=10^\circ, \alpha=10^\circ,$ $\varphi=90^\circ, r=1$ мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
40	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	Точение	Г,В		Обработанная	П,Ц, Ф	∅128×50 ∅50×80	Т15К10	$\gamma=10^\circ,$ $\alpha=10^\circ, \varphi=90^\circ$ $r=0,5$ мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
50	Токарно-винторезный станок 16Б16ПТ1	Точение	Г,В		Обработанная	П,Ц, Ф	∅40×80 ∅50×80	Т15К10	$\gamma=10^\circ,$ $\alpha=10^\circ, \varphi=90^\circ$ $r=0,5$ мм	Резец подрезной	Резец подрезной ГОСТ 18877-73
60	Вертикальный шпоночно-фрезерный станок 692Р	Фрезерование	Г,В		Обработанная	П	70×12	Р6М5	$\omega=20^\circ$	Фреза шпоночная	Фреза шпоночная ∅=12 ГОСТ 9308-69

70	Вертикальный зубофрезерный станок 53A20	Зубофре- бофре- зерова- ние	В		Обра- ботан- ная	Ф	Ø128×50	P9K10	$\gamma=0^\circ$ $\alpha=12^\circ$	Фреза чер- вячная двух- заходная	Фреза червячная Ø100 ГОСТ 9324-80
----	---	--------------------------------------	---	--	------------------------	---	---------	-------	---------------------------------------	--	--------------------------------------

Продолжение табл. 11.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80	Зубофасочный станок ВС-320А	Снятие фасок	В	Сталь 40ХГНМ, закаленная	Обрабо- танная	Ф	$(3 \times 45^0) \times 2$	Элек- троко- рунд бе- лый		Фреза чер- вячная од- новитковая	Фреза червячная одно- витковая Ø50 ГОСТ 9324-80
90	Зубошевинго- вальный станок 5702В	Шевинго- вание	Г		Обрабо- танная	Ф	Ø172×40	P9Ф5	$\beta_0=5^\circ$	Шевер дисковый	Шевер дисковый А Ø180 ГОСТ 8570-80
110	Центрошлифо- вальный станок 3К225В	Шлифо- вание	В		Зака- ленная	К	Ø13.2×14	Элек- тро- корунд белый		Головка шлифо- вальная	Головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ 2447-82
120	Круглошлифо- вальный станок 3А151	Шлифо- вание	Г, В		Зака- ленная	Ц,П	Ø50×60	Элек- троко- рунд бе- лый		Круг шли- фовальный ПП	Круг шлифовальный ПП 500*203*80 25А25СМ17К
130	Круглошлифо- вальный станок 3А151	Шлифо- вание	Г, В		Зака- ленная	Ц,П	Ø40×80 Ø50×80	Элек- троко- рунд бе- лый		Круг шли- фовальный ПП	Круг шлифовальный ПП 500*203*80 25А25СМ17К
140	Зубошлифо- вальный станок 5851	Шлифо- вание	Г		Зака- ленная	Ф	Ø128×50	Элек- троко- рунд бе- лый		Круг шли- фовальный Т	Круг шлифовальный Т 225*50*20 25А25СМ17К
150	Полировально- шлифовальный станок 3А352	Полиро- вание	Г		Шлифо- ванная	Ц	Ø50×40	Элек- троко- рунд		Круг поли- ровальный	Круг полировальный ПП 500*203*40 Зернистость 6

Таблица 11.4.

## Выбор средств контроля

№ операции	Контролируемый размер	Допуск, мм	Квалитет точности	Мерительный инструмент	Измерительное, контрольное устройство
1	2	3	4	5	6
10	З=400	1,55	14	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
	2И=13,2	0,043	9	Шаблон	
20	2К=50	0,3	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
30	2П=40	0,25	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
	2А=50				
40	2К=50	0,039	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78	
50	2П=40	0,039	8	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78	
	2А=50	0,046			
60	Х=8	0,036	9	Калибр-пробка	
	Ф=10	0,58	15	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80	
70	2Ч=164		8 ст.		Прибор БВ-5061 цехового типа
80	0,5×45 <sup>0</sup>	0,25	14	Шаблон	
90	2Ч=164		6ст.		Прибор БВ-5061 цехового типа

Продолжение табл. 11.4

1	2	3	4	5	6
110	2И=13,2	0,043	9	Шаблон	
120	2П=40	0,016	6	Скоба рычажная СР	
	2А=50				
130	2К=50	0,016	6	Скоба рычажная СР	
140	2Ч=164		бст.		Прибор БВ- 5061 цехо- вого типа
150	2Щ=50	0,016	6	Скоба рычажная СР	

## 12. Нормирование ТП

Задача раздела – рассчитать такие режимы резания, которые обеспечили бы заданный выпуск деталей заданного качества с минимальными затратами.

### 1. Определение режимов резания

Режим резания – это сочетание глубины резания, подачи и скорости резания.

Наша задача состоит в том, чтобы найти единственное возможное сочетание элементов режима резания, которое обеспечивает экстремальное значение критериев оптимальности (например, минимальная себестоимость).

1) Рассчитаем режимы резания на операцию 160 шлифовальную.

Для выбранной операции - шлифование чистовое - применим таблично - аналитический метод определения режимов резания.

Данную операцию выполним за один переход – врезное шлифование широким кругом.

Разработку режима резания при шлифовании начинают с установления характеристики инструмента. Для окончательного шлифования шейки вала шестерни - пов. 6 и 17 и уступов пов. 8 и 15 - из стали 40ХГНМ шероховатости  $Ra = 0,8$  мкм выберем материал шлифовального круга - 25А25СМ17К ГОСТ 2424-82 [10]. Окончательная характеристика абразивного инструмента выявляется в процессе пробной эксплуатации с учетом конкретных технологических условий.

Основные параметры резания при шлифовании:

- скорость вращательного или поступательного вращения заготовки

$$V_3 = V_{з. табл.} \times K, \text{ м/мин,}$$

где  $V_{з. табл.}$  – скорость вращения детали по таблице, м/мин;

$K$  – коэффициент, учитывающий особенности торцевукруглошлифования.  
 $V_{з. табл.} = 25$  м/мин,  $K = 1$ , карта ШК-3 [14].

$$V_3 = 25 \times 1 = 25 \text{ м/мин.}$$

частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D},$$

$$n_3 = 318 \cdot \frac{25}{50,016} = 159 \text{ об/мин.}$$

- глубина шлифования  $t$ , мм, - слой металла, снимаемый периферией круга в результате радиальной подачи  $S_p$  при врезном шлифовании; глубина

$$\text{шлифования } t = \frac{50,018 - 50,002}{2} = 0,008 \text{ мм}$$

- радиальная подача определяемая по формуле:

$$S_p = S_{p \text{ табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $K_1$  - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

$K_2$  - коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности и припуска на сторону;

$K_3$  - коэффициент, зависящий от диаметра шлифовального круга;

$S_{p \text{ табл.}}$  - поперечная подача по таблице, мм/мин.

Для того чтобы определить коэффициент  $K_1$ , найдём скорость шлифовального круга  $V_{кр} = \frac{\pi \cdot D_{кр} \cdot n}{1000 \cdot 60}$ , м/с

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D_{кр} \cdot n}{1000 \cdot 60}, \text{ м/с}$$

где  $D_{кр}$  - диаметр шлифовального круга, мм;

$n$  - частота вращения шпинделя, об/мин.

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1100}{1000 \cdot 60} = 29 \text{ м/с.}$$

$K_1 = 0,6$ ;  $K_2 = 0,6$ ;  $K_3 = 0,9$ ;  $S_{p \text{ табл.}} = 1,6$  мм/мин, карта ШК-3 [14]:

$$S_p = 1,6 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 0,52 \text{ мм/мин.}$$

Эффективная мощность, при врезном шлифовании периферией круга:

$$N = C_N V_3^r S_p^y d^q b^z, \text{ кВт,} \quad (12.1)$$

где  $d$  - диаметр шлифования,  $d = 50,016$  мм;

$b$  - ширина шлифования, мм, равная длине шлифуемого участка заготовки при круглом врезном шлифовании; для пов. 17  $b = 60$  мм, для пов. 6  $b = 80$  мм.

Значение коэффициентов, входящих в формулу (12.1), определим по таблице [10]:  $C_N = 0,14$ ;  $r = 0,8$ ;  $x = 0,8$ ;  $q = 0,2$ ;  $z = 1,0$ .

Тогда эффективная мощность при обработке пов. 6 и 17 соответственно равны

$$N_6 = 0,14 \cdot 0,025^{0,8} \cdot 50^{0,2} \cdot 80^{1,0} = 1,28 \text{ кВт,}$$

$$N_{17} = 0,14 \cdot 0,025^{0,8} \cdot 50^{0,2} \cdot 60^{1,0} = 0,96 \text{ кВт,}$$

что меньше паспортной мощности станка. Из этого следует, что выбранное оборудование удовлетворяет требованиям режимов резания.

Шлифование уступов, пов. 8 и 15 производится с помощью ручного продольного перемещения  $S_{пр}$  шлифовальной бабки. Примем значение  $S_{пр} = S_p = 0,52$  мм/мин.

## 2. Расчет норм времени

Нормирование ТП - это установление технически обоснованных норм времени на обработку детали.

Норма времени - регламентированное время выполнения заданного объема работ в определенных условиях исполнителем заданной квалификации.

В нашем случае следует рассчитать нормы времени на операции 160 шлифовальной.

Основное время  $\tau_0$  - время непосредственно на обработку, определяется исходя из схемы обработки:

$$\tau_0 = \tau_6 + \tau_{17} + \tau_8 + \tau_{15},$$

где  $\tau_6$ ,  $\tau_{17}$ ,  $\tau_8$  и  $\tau_{15}$  - основное время обработки пов. (6), (17), (8) и (15)

$$\tau_6 = \tau_{17} = \frac{L_{px}}{S} + \tau_{вых},$$

где  $L_{px}$  - величина рабочего хода стола, мм;

$S$  - величина подачи, мм/мин;

$\tau_{вых}$  - время выхаживания, мин;

$L_{px} = 0,5$  мм;  $S = 0,52$  мм/об;  $\tau_{вых} = 0,1$  мин, [14, карта ШК-3].

$$\tau_6 = \tau_{17} = \frac{0,5}{0,52} + 0,1 = 1,06 \text{ мин}$$

$$\tau_8 = \tau_{15} = \frac{z}{t \cdot n_1} K_B,$$

где  $z$  - припуск на обработку, мм;

$t$  - глубина шлифования, мм/об;

$n_1$  - частота вращения заготовки, об/мин;

$K_B$  - коэффициент, учитывающий выхаживание;

$z = 0,1$ ;  $t = 0,005$ ;  $n_1 = 159$ ;  $K = 1,25$

$$\tau_8 = \tau_{15} = \frac{0,1}{0,005 \cdot 159} 1,25 = 0,16 \text{ мин}$$

Суммарное время  $\tau_0$  :

$$\tau_0 = 1,06 + 1,06 + 0,16 + 0,16 = 2,44 \text{ мин}$$

Штучное время - время на выполнение операции, определяется суммированием основного и вспомогательного времени.

Вспомогательное время - время на установку и снятие заготовки, управление станком, подвод и отвод режущего инструмента, контроль размеров, определяется по справочным нормативам или экспериментально.

В общем случае для шлифовальной операции штучное время определим по формуле:

$$\tau_{шт} = \tau_0 \cdot \varphi,$$

где коэффициент  $\varphi = 1,1$  [15].

$$\tau_{шт} = 2,44 \cdot 1,1 = 2,68 \text{ мин.}$$

Найденные значения режима резания заносим в операционную карту.

## **Список использованной литературы**



Министерство образования и науки Украины  
Донбасская государственная машиностроительная академия

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ по дисциплине

**“ТЕХНОЛОГИЯ СТАНКОСТРОЕНИЯ”**

для студентов специальностей 7.090.203, 7.090.204  
(всех форм обучения)

Подп. к печ.

Ризограф. печать.

Тираж

Усл. печ. л. 1,00.

Формат 60×84/16.

Уч. – изд. л. 0,72.

Заказ №

---

ДГМА. 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72