

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

Г.В. Даровской

ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям
и курсовой работе

Ростов-на-Дону
2017

Рецензент – кандидат технических наук, доцент А.С. Шапшал

Даровской, Г.В.

Технология транспортного машиностроения: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и курсовой работе / Г.В. Даровской; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 75 с.

Изложены этапы проектирования единичного технологического процесса изготовления детали. Рассмотрены анализ соответствия требований к изготовлению деталей и их служебному назначению, формирование конструкторско-технологического кода детали, анализ технологичности конструкции детали, технико-экономическое обоснование выбора заготовки.

Приведены рекомендации по разработке маршрутного технологического процесса механической обработки заготовки, методика определения промежуточных припусков аналитическим методом.

Предназначено студентам специальности «Подвижной состав железных дорог», специализации «Технология производства и ремонта подвижного состава», для подготовки к практическим занятиям и для самостоятельной работы при выполнении курсовой работы на тему «Разработка единичного технологического процесса изготовления детали».

Одобрено к изданию кафедрой «Технология металлов».

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Состав и структура курсовой работы.....	4
2 Анализ соответствия требований к изготовлению деталей и их служебному назначению	4
3 Анализ технологичности конструкции детали.....	7
4 Формирование конструкторско-технологического кода детали.....	10
5 Определение типа производства.....	18
6 Обоснование метода получения заготовок.....	20
7 Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки.....	25
8 Разработка маршрутного технологического процесса.....	29
8.1 Технология изготовления деталей класса валов.....	32
8.2 Технология изготовления зубчатых колес.....	34
9 Определение промежуточных припусков, допусков и размеров.....	41
9.1 Аналитический метод определения припусков.....	41
9.1.1 Расчет припусков при изготовлении деталей из проката.....	43
9.1.2 Расчет припусков при изготовлении деталей методом штамповки	52
9.1.3 Расчет припусков при изготовлении деталей методом литья	54
10 Расчет режимов обработки.....	57
Библиографический список.....	58
Приложение. Варианты заданий на курсовую работу.....	59

1 СОСТАВ И СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по дисциплине «Технология транспортного машиностроения» включает в себя следующие разделы:

1. Анализ соответствия требований к изготовлению деталей и их служебному назначению.
 2. Анализ технологичности конструкции детали.
 3. Формирование конструкторско-технологического кода детали.
 4. Определение типа производства.
 5. Обоснование метода получения заготовок
 6. Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки
 - 7 Разработка маршрутного технологического процесса механической обработки заготовки
 - 8 Определение промежуточных припусков, допусков и размеров аналитическим методом
 - 9 Расчет режимов обработки заготовки
 - 10 Нормирование затрат труда на выполнение операций
 - 11 Проектирование приспособления. Расчет погрешности базирования
- Приложение 1 Чертеж детали
Приложение 2 Сборочный чертеж приспособления, спецификация к сборочному чертежу
Приложение 3 Операционное описание изготовления детали: титульный лист, карта эскизов, маршрутная карта, операционная карта.

Чертежи деталей для заданий приведены в приложении к настоящему учебному пособию. Выбор заданий осуществляется в соответствии с указаниями преподавателя. Следует отметить, что все чертежи содержат ошибки, которые студенты должны самостоятельно обнаружить и устранить в процессе выполнения работы.

2 АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ИЗГОТОВЛЕНИЮ ДЕТАЛЕЙ И ИХ СЛУЖЕБНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

Технические требования анализируют исходя из чертежа детали и ее служебного назначения. Оценивают обоснованность предъявляемых требований, рассматривают ситуации частичного их выполнения, выбирают способы обеспечения качества в процессе изготовления детали и методы контроля. Кроме того, выявляют наиболее ответственные параметры, для которых характерны повышенные требования к шероховатости поверхности, точности размеров и формы и т.д.

Деталь – составная часть сборочной единицы (изделия), и многие ее размеры являются звеньями сборочных размерных цепей или оказывают влияние на качество сопряжения и взаимное расположение сопрягаемых деталей. Поэтому, выясняя назначение детали в узле и влияние ее параметров на качество собранного изделия, необходимо ознакомиться с чертежом сборочной единицы, изучить принцип ее работы и технические требования на сборку.

Анализ соответствия требований точности детали ее служебному назначению следует выполнять в определенной последовательности.

1. Рассмотреть требования, предъявляемые к твердости рабочих поверхностей детали, с учетом условий работы детали в сборочной единице.

Выявить размеры детали, имеющие наиболее жесткие допуски, и установить соответствие их служебному назначению исходя из условий эксплуатации детали.

2. Проверить, какие ограничения по отклонениям формы и взаимного расположения поверхностей имеются в технических требованиях. Дать обоснования необходимости их выполнения на основе анализа чертежа сборочной единицы и условий работы детали.

3. Проверить, соответствует ли заданная конструктором шероховатость поверхностей требуемой точности обработки или служебному назначению поверхности детали в сборочной единице. (Завышенные требования к точности и шероховатости поверхностей приводят к усложнению технологического процесса и повышению трудоемкости обработки, а заниженные – к браку.)

В качестве примера проанализируем технические требования чертежа детали «крышка редуктора» (рис. 2.1), заготовку которой изготавливают литьем из чугуна марки СЧ 20. Крышка в комплекте с корпусом образует замкнутую полость редуктора, в которой расположены зубчатые передачи и масляная ванна. Стык крышки с корпусом должен быть герметичен. В стенке крышки располагается ступица опорного подшипника вала редуктора.

Технические требования чертежа указывают на необходимость введения операции термической обработки отливки перед механической обработкой. Наибольшую точность обработки требуют отверстия $\varnothing 45H7$ и $\varnothing 52 \pm 0,02$ мм; имеются ограничения по точности формы и взаимного расположения поверхностей детали.

Проанализируем последовательно эти требования с точки зрения их обоснованности и соответствия служебному назначению детали.

1. Термическая обработка необходима для снятия внутренних напряжений. Чугунные отливки после черновой обработки подвергают искусственному старению с целью снятия внутренних напряжений, возникающих в отливке при охлаждении и затвердении металла. Это обеспечивает в процессе эксплуатации детали стабильность размеров, полученных после механической обработки.

2. Точность размера отверстия $\varnothing 45H7^{+0,027}$ мм обусловлена характером сопряжений его с валом редуктора ($\varnothing 45H7/g6$ мм) и условием работы пары трения скольжения. Отверстие $\varnothing 52 \pm 0,02$ мм предназначено для установки уплотнительного кольца. Точность размера назначена из условия обеспечения герметичности соединения (предупреждение течи масла).

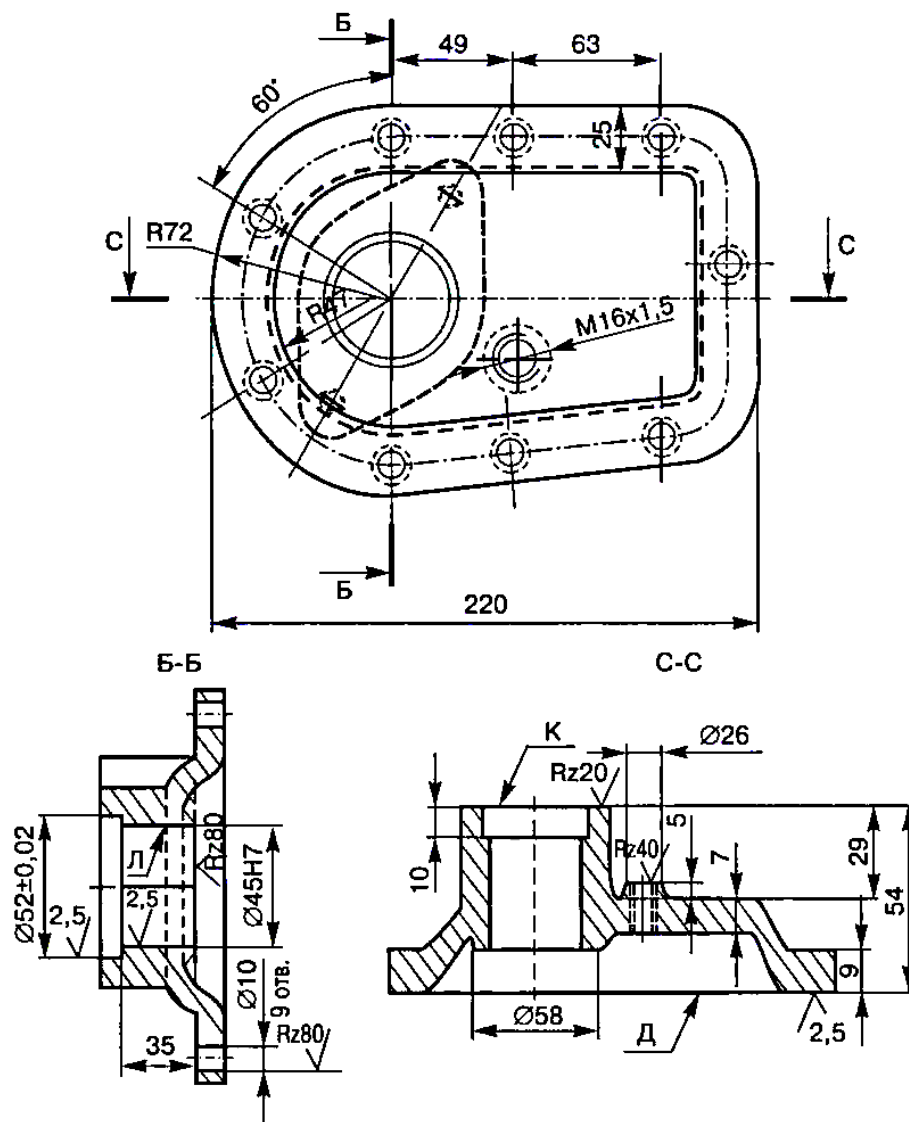


Рис. 2.1 Чертеж крышки редуктора (отклонение от плоскостности поверхностей *K* и *Д* не более 0,05 мм)

3. Ограничения по отклонению от плоскостности поверхности разъема *Д* и торца ступицы *К* в пределах 0,05 мм обусловлены тем, что плоскость крышки *Д* в сопряжении с корпусом редуктора, а торец *К* в стыке с уплотнением фланца должны обеспечить герметичность соединений.

Погрешности взаимного расположения поверхностей детали определены величиной отклонения от перпендикулярности оси отверстия *Л* ($\text{Ø}45\text{H}7$ мм) относительно поверхности *Д* в пределах 0,03 мм. Анализ чертежа сборочной единицы показывает, что такое ограничение необходимо, в противном случае в сопряжении вала с отверстием не будет обеспечен линейный контакт из-за возможного перекоса осей отверстий крышки и корпуса после их сборки, возможно также защемление вала.

4. Заданная шероховатость ($R_a - 2,5$ мкм) поверхностей отверстий $\text{Ø}45\text{H}7$ мм и $\text{Ø}52 \pm 0,02$ мм соответствует требованиям, предъявляемым к их точности. Требования к шероховатости поверхности *Д* ($R_a=2,5$ мкм) обусловлены необходимостью обеспечения герметичности в стыке крышки с корпусом.

Результаты анализа используют при разработке технологии изготовления детали и выборе средств контроля. Определяют, какими технологическими приемами можно обеспечить выполнение каждого требования точности размеров и шероховатости поверхности и какими способами следует осуществлять контроль. Например, обработка литого отверстия с точностью размера $\varnothing 45H7^{+0,027}$ мм ($Ra= 2,5$ мкм) может быть обеспечена при таком маршруте: зенкерование предварительное – зенкерование окончательное – развертывание предварительное –развертывание окончательное.

Для обеспечения перпендикулярности оси отверстия $\varnothing 45H7$ мм относительно плоскости D (в пределах 0,03 мм) в качестве технологической базы при обработке отверстия необходимо использовать плоскость D .

Контроль отклонения от перпендикулярности оси отверстия относительно плоскости разъема D целесообразно производить с базированием измерительного устройства по отверстию $\varnothing 45H7$ мм.

3 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 *технологичность* – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объеме выпуска и условиях выполнения работ.

Производственная технологичность конструкции детали – это степень ее соответствия требованиям наиболее производительного и экономичного изготовления. Чем меньше трудоемкость и себестоимость изготовления, тем более технологичной является конструкция детали.

Оценка технологичности конструкции бывает двух видов: качественная и количественная.

Качественная оценка технологичности является предварительной, обобщенной и характеризуется показаниями: «лучше – хуже», «рекомендуется – не рекомендуется», «технологично – нетехнологично» и т.п. Технологичной при качественной оценке следует считать такую геометрическую конфигурацию детали и отдельных ее элементов, при которой учтены возможности минимального расхода материала и использования наиболее производительных и экономичных для определенного типа производства методов изготовления. В связи с этим следует проанализировать чертеж детали, например, с точки зрения:

- степени унификации геометрических элементов (диаметров, длин, резьб, модулей, радиусов перехода и т.п.) в конструкции;
- наличия удобных базирующих поверхностей, обеспечивающих возможность совмещения и постоянства баз;
- возможности свободного подвода и вывода режущего инструмента при обработке;
- удобства контроля точностных параметров детали;
- возможности уменьшения протяженности точных обрабатываемых поверхностей;

- соответствия формы дна отверстия форме конца стандартного инструмента для его обработки (сверла, зенкера, развертки) и т.п.

Количественная оценка технологичности выражается показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности. Согласно ГОСТ 14.202-73 номенклатура показателей технологичности изделия содержит 4 основных и 31 дополнительный показатель. Применительно к производству количественную оценку технологичности производят по суммарной трудоемкости $\sum T_{ш.к.}$ и технологической себестоимости C_T , а также по техническим показателям, определение которых возможно из чертежа детали.

К ним относятся коэффициенты точности K_T и шероховатости $K_{ш}$,

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.1)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.2)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ra_{cp}}, \quad (3.3)$$

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.4)$$

где T_i, Ra_i – соответственно качества точности и значения параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей;

T_{cp}, Ra_{cp} – средние значения этих параметров;

n_i – число размеров или поверхностей для каждого качества и значения параметра шероховатости.

В общем случае технологичность детали (индекс «д») должна оцениваться путем сравнения ее показателей с соответствующими показателями детали-аналога (индекс «а»). Под **деталью-аналогом** понимается базовая деталь, выполняющая в изделии те же функции, что и анализируемая, и имеющая известные базовые показатели, т.е. показатель Π_d сравнивается с показателем Π_a . Так, трудоемкость детали T_d может быть определена как

$$T_d = T_a \cdot K_M \cdot K_{сл} \cdot K_N, \quad (3.5)$$

где T_a – трудоемкость обработки детали-аналога, мин;

$K_M, K_{сл}, K_N$ – коэффициенты, учитывающие различия детали и детали-аналога соответственно по массе, сложности обработки и программе выпуска.

В свою очередь, коэффициент

$$K_M = \left(\frac{M_d}{M_a} \right)^{0,67}, \quad (3.6)$$

Коэффициент

$$K_{сл} = \frac{K_{Т.НМ.Д} \cdot K_{Ш.НМ.Д}}{K_{Т.НМ.А} \cdot K_{Ш.НМ.Д}}, \quad (3.7)$$

где $K_{T.HM.д}$, $K_{Ш.HM.д}$ и $K_{T.HM.а}$, $K_{Ш.HM.а}$ - коэффициенты, показывающие изменение трудоемкости в зависимости от изменения наименьших значений качества точности и параметра шероховатости соответственно детали и детали-аналога.

При этом

$$K_{T.HM.} = 4 \cdot T_{HM}^{-0,63}, \quad (3.8)$$

$$K_{Ш.HM.} = 1,19 \cdot Ra_{HM}^{-0,071}, \quad (3.9)$$

где T_{HM} , Ra_{HM} - соответственно наименьшие значения качества точности и параметра шероховатости поверхности. Коэффициент

$$K_N = (N_a/N_d)^m, \quad (3.10)$$

где N_a , N_d - соответственно годовой выпуск аналога и детали, шт., а m - показатель степени, определяемый по формуле

$$m = 0,2 \cdot M_d^{-0,045}. \quad (3.11)$$

Пример. Определить технологичность детали (рис. 3.1) по техническим показателям - коэффициентам точности K_T и шероховатости $K_{Ш}$. Материал детали - сталь 45, масса детали 4,5 кг, твердость после термообработки HRC_3 42...46,5.

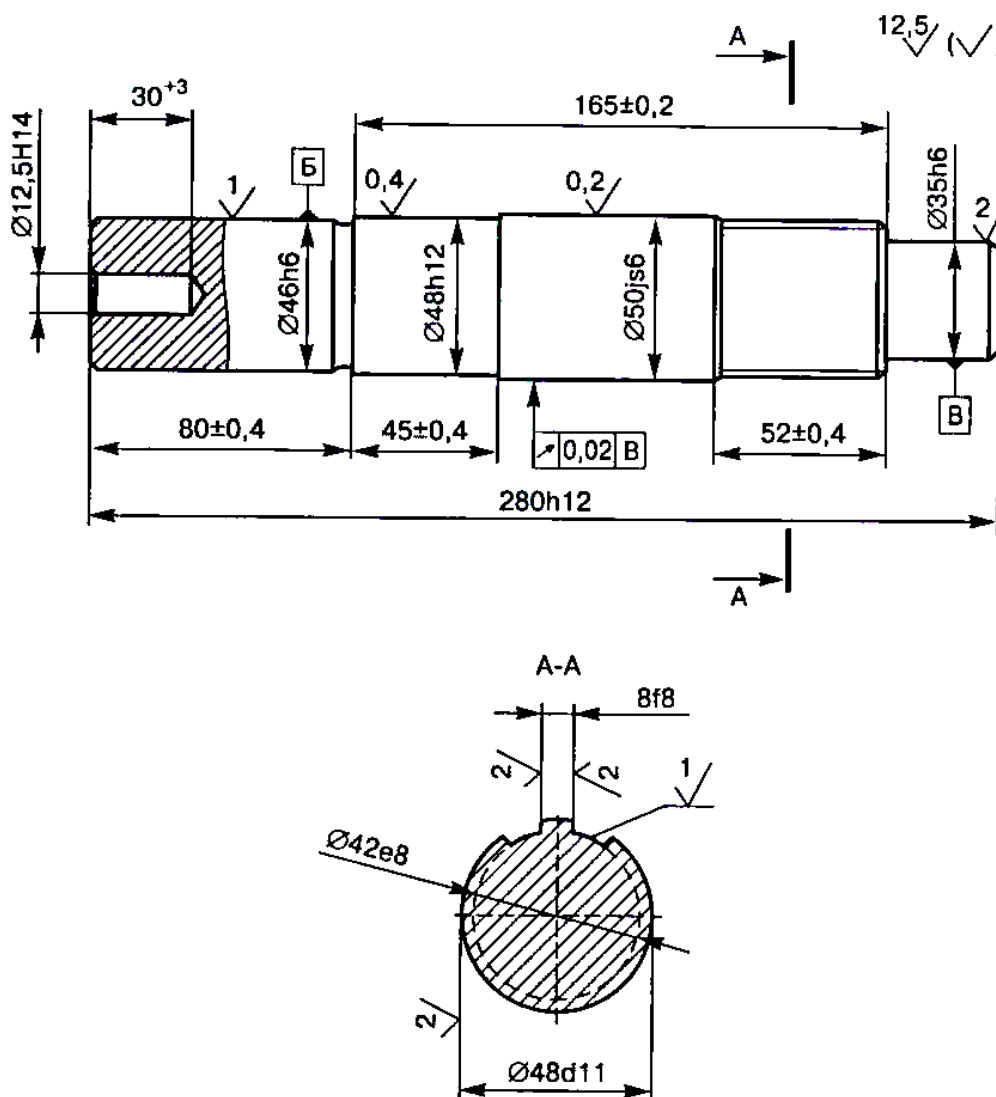


Рис. 3.1 Вал шлицевый

Из чертежа (см. рис. 3.1) видно, что суммарное количество указанных на чертеже размеров составляет 13, из которых три размера выполняются по 6-му качеству точности, семь размеров – по 14-му и по одному размеру – соответственно по 12, 11 и 8-му качествам. В то же время четыре поверхности имеют среднеарифметическое отклонение профиля $Ra = 2,0$ мкм, восемь поверхностей с шероховатостью $Ra = 15$ мкм и по одной поверхности с $Ra = 0,25$; 1,0 и 6,3 мкм.

Используя формулы (3.1)-(3.4), получим

$$T_{\varphi} = \frac{14 \cdot 7 + 12 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{13} = 11,3 ;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{11,3} = 0,91 ;$$

$$Ra_{\varphi} = 15 \cdot 8 + 6,3 \cdot 1 + 2,0 \cdot 4 + 1,0 \cdot 1 + 0,25 \cdot 1 \cdot 15 = 9,03 \text{ мкм};$$

$$K_w = \frac{1}{9,03} = 0,11 .$$

4 ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОДА ДЕТАЛИ

Конструкторско-технологическая классификация широко используется при технологической подготовке производства и управлении им для анализа и группирования номенклатуры деталей по конструктивно-технологическим признакам, разработки типовых, групповых технологических процессов и операций с применением компьютерной техники.

Процесс кодирования заключается в присвоении детали кода классификационных группировок конструктивных признаков по классификатору ЕСКД (шесть знаков) и технологических признаков по технологическому классификатору (14 знаков) (рис. 4.1).

Конструктивные признаки						Технологические признаки														
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

Рис. 4.1 Структура кода деталей, обрабатываемых резанием: 1, 2 – класс; 3 – подкласс; 4 – группа; 5 – подгруппа; 6 – вид; 7, 8, 9 – размерная характеристика; 10, 11 – группа материалов; 12 – вид детали по технологическому методу изготовления; 13, 14 – вид исходной заготовки; 15, 16 – качество точности наружных и внутренних поверхностей; 17 – шероховатость или отклонения формы и расположения поверхностей (по важности признака); 18 – степень точности; 19 – вид дополнительной обработки; 20 – характеристика массы

Порядок присвоения кодов: 1...6 – знаки присваиваются по классификатору ЕСКД; 7...20 – знаки присваиваются по технологическому классификатору или по табл. 4.2-4.11.

Таблица 4.1 предназначена для кодирования деталей, являющихся телами вращения (кроме гнутых из листов, полос, лент), например: кольца, диски, валы, шпиндели и др. (класс 71); детали с элементами зубчатого зацепления, разрезные втулки и кольца, цанги, секторы и др. (класс 72); прямые детали из прутков и проволоки (класс 74); валы карданные, болты, фрезы, калибры и др. (классы 75, 76).

Таблица 4.2 предназначена для кодирования деталей, являющихся не телами вращения (кроме гнутых из листов, полос, лент), например: корпусные, опорные (класс 73); плоскостные, рычажные, шатунные, кулачные и др. (класс 74); кулачки, копиры (классы 75, 76).

Знаки 10-20 присваиваются по следующим таблицам: 10, 11 – таблица 4.3; 12 – таблица 4.4; 13, 14 – таблица 4.5; 15, 16 – таблица 4.6; 17 – таблица 4.7; 18 – таблица 4.8; 19 – таблица 4.9; 20 – таблица 4.10.

Таблица 4.1

Кодирование размерной характеристики тел вращения

Код	Наибольший наружный диаметр, мм (свыше...до...)	Длина, мм (свыше...до...)	Диаметр центрального отверстия, мм (свыше...до...)
1	До 4	До 0,2	До 3
2	4 - 6	0,2-0,5	3-10
3	6-10	0,5-0,8	10-16
4	10-16	0,8-1,6	16-20
5	16-25	1,6-2,5	20-25
6	25-32	2,5-6	25-35
7	32-40	6-10	35-50
8	40-60	10-25	50-60
9	60-80	25-45	60-80
А	80-100	45-56	80-100
Б	100-120	56-75	100-125
В	120-150	75-95	125-160
Г	150-180	95-120	160-220
Д	180-200	120-150	200-250
Е	200-220	150-200	250-320
Ж	220-320	200-250	320-400
И	320-400	250-300	400-500
К	400-630	300-350	500-800
Л	630-800	350-500	800-1000

Таблица 4.2

Кодирование размерной характеристики не тела вращения

Код	Ширина, мм (свыше...до...)	Длина, мм (свыше...до...)	Высота, мм (свыше...до...)
1	До 16	До 25	До 16
2	16-40	25-45	16-40
3	40-75	45-75	40-75
4	75-95	75-120	75-110
5	95-120	120-180	110-140
6	120-150	180-300	140-200
7	150-180	300-360	200-250
8	180-220	360-450	250-300
9	220-300	450-600	300-340
А	300-380	600-750	340-400
Б	380-480	750-850	400-480
В	480-560	850-950	480-560
Г	560-750	950-1180	560-670
Д	750-950	1180-1500	670-750
Е	950-1180	1500-1900	750-950

Таблица 4.3

Кодирование группы материалов

Код	Группа материалов	
01	Стали углеродистые	
02	Стали углеродистые конструкционные с предельным содержанием углерода, %	Свыше 0,1 до 0,24
03		Свыше 0,24 до 0,35
04		Свыше 0,35
08	Стали инструментальные углеродистые	
10	Стали легированные (кроме сталей с особыми физическими свойствами)	
11	Стали конструкционные	Низколегированные
12		Легированные
18	Стали инструментальные	Легированные
19		Быстрорежущие
20	Стали и сплавы, легированные с особыми физическими свойствами	
21	Высоколегированные стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие, жаропрочные, кавитационно-стойкие, износостойкие, высокопрочные, сверхвысокопрочные, а также низко-, средне- и высоколегированные теплоустойчивые	
23	Сплавы с высоким электрическим сопротивлением	
25	Прецизионные сплавы с заданными свойствами упругости, заданным температурным коэффициентом линейного расширения и сверхпроводящие прецизионные сплавы	

27	Стали и сплавы магнитомягкие (электротехнические) и магнитотвердые	
30	Чугуны	
31	Чугуны	Серые простые
32		Серые модифицированные
33		Ковкие
34		Высокопрочные
35		С особыми свойствами (кроме соответствующих кодам 31...34)
40	Медь, алюминий и сплавы на их основе (сплавы на основе магния)	
41	Медь	
42	Сплавы на основе меди	Латунь
43		Бронза
44		Медно-никелевые
45	Алюминий	
46	Сплавы на основе алюминия	
48	Сплавы на основе магния	
50	Титан, хром, тугоплавкие металлы, цинк, свинец, олово и сплавы на их основе, благородные металлы и их сплавы, биметаллы	

Таблица 4.4

Кодирование технологического метода изготовления

Код	Вид детали по технологическому методу изготовления
1	Изготавливаемая литьем
2	Изготавливаемая ковкой и объемной штамповкой Изготавливаемая чистой штамповкой
3	Обрабатываемая резанием
4	Термически обрабатываемая
5	Изготавливаемая формованием из полимерных материалов,
6	керамики, стекла и резины
7	С покрытием
8	Обрабатываемая электрофизикохимически
9	Изготавливаемая порошковой металлургией

Таблица 4.5

Кодирование вида исходной заготовки

Код	Вид заготовки		
10	Заготовка, полученная литьем		
11	Литье	в песчаную форму	
12		в форму из жидких самотвердеющих смесей	
13		в песчаную форму, изготовленную под высоким удельным давлением	
14		в металлическую форму	
15		полученное центробежным методом	
16		в оболочковую форму	
17		по выплавляемым моделям	
18		штамповкой жидкого металла	
19		под давлением	
20	Заготовка, полученная обработкой детали давлением		
21	Ковка	на молоте	
22		на прессе	
23		радиальным обжатием	
24	Штамповка	Объемная	Некалиброванная
25			Калиброванная
26		Листовая	
28	Прессованная штучная заготовка		
29	Заготовка, полученная специальными методами давлениями (взрывом, в вакууме и др.)		
30	Пруток, проволока		
31	Пруток	Круглый	Некалиброванный
32			Калиброванный
33		Шестигранный и квадратный	Некалиброванный
34			Калиброванный

Таблица 4.6

Кодирование качества точности

Код	Квалитет
1	17, 16, 15, 14
2	13, 12
3	11, 10, 9
4	8, 7, 6, 5
5	4, 3, 2
6	1, 0, 01

Таблица 4.7

Кодирование параметра шероховатости

Код	Ra , мм (свыше....до....)	Rz , мм (свыше....до....)
1	Свыше 80	Свыше 320
2	10 – 80	40 – 320
3	2,5 – 10	10 – 40
4	0,32 – 2,5	1,6 – 10
5	0,02 – 0,32	0,1 – 1,6
6	0,008 – 0,02	0,032 – 0,1

Таблица 4.8

Кодирование степени точности

Код	Степени точности формы и расположения поверхностей
1	17
2	16, 15, 14, 13
3	12, 11, 10, 9
4	8, 7, 6
5	5, 4, 3, 2
6	До 1

Таблица 4.9

Кодирование отклонения формы и расположения поверхностей

Код	Отклонения			
	плоскостности и прямолинейности	цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения	параллельности, перпендикулярности, наклона, торцового биения и полного торцового биения	соосности, симметричности и пересечения, осей, радиального биения и полного радиального биения
0	-	-	-	-
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	+	+	-	-
4	-	-	+	-
5	+	-	+	-
6	-	+	+	-
7	+	+	+	-
8	-	-	-	+
9	+	-	-	+
А	-	+	-	+
Б	+	+	-	+
В	-	-	+	+
Г	+	-	+	+

Таблица 4.10

Кодирование вида дополнительной обработки

Код	Термическая обработка		Наличие покрытия
0	Без термической обработки		Без покрытия
1			С покрытием
2	С термической обработкой до или между операциями обработки резанием при HRC_3	до 40	Без покрытия
3			С покрытием
4		40...53,5	Без покрытия
5			С покрытием
6			Без покрытия
7	свыше 53,5	С покрытием	
8	С термической обработкой после обработки резанием		Без покрытия
9			С покрытием

Таблица 4.11

Кодирование характеристики массы

Код	Масса, кг (свыше.... до....)	Код	Масса, кг (свыше.... до....)
1	До 0,003	Д	10-16
2	0,003-0,006	Е	16-25
3	0,006-0,012	Ж	25-40
4	0,012-0,025	И	40-63
5	0,025-0,05	К	63-100
6	0,05-0,1	Л	100-160
7	0,1-0,2	М	160-250
8	0,2-0,5	Н	250-400
9	0,5-1,0	П	400-630
А	1,0-1,6	Р	630-1000
Б	1,6-2,5	С	1000-1600
В	2,5-4,0	Т	1600-2500
Г	4,0-10	У	2500-5000

Пример. Сформировать конструкторско-технологический код детали «вал шлицевый» (см. рис. 4.1), обрабатываемой резанием.

Для формирования конструкторско-технологического кода детали составляем таблицу 4.12.

Таблица 4.12

Расшифровка конструкторско-технологического кода детали

Номер знака	Признак	Содержание признака	Код признака
1, 2	Класс	Деталь – тело вращения	71
3	Подкласс	Наружная цилиндрическая поверхность, L/D свыше 2	5
4	Группа	Без закрытых уступов, ступенчатая, двусторонняя без наружной резьбы	4
5	Подгруппа	С центральным глухим отверстием	2
6	Вид	Со шлицами, без отверстий вне оси детали	3
7, 8, 9	Размерная характеристика, мм	Наибольший наружный диаметр – 50, длина – 280, диаметр отверстия – 12,5	8ИЗ
10, 11	Группа материалов	Сталь 45, углеродистая, конструкционная	04
12	Вид детали по технологическому признаку	Деталь, обрабатываемая резанием	4
13, 14	Вид исходной заготовки	Пруток круглый, некалиброванный	31
15, 16	Квалитет точности	Наружных поверхностей – 6, внутренних – 14	41
17	Отклонение формы и расположение поверхностей	Радиальное биение (при отсутствии требований по этому параметру кодируется минимальный параметр шероховатости Ra)	8
18	Степень точности	Допуск радиального биения 0,02 мм на диаметре 50 мм относится к 6-й степени точности	4
19	Вид дополнительной обработки	Термообработка HRC_{Σ} 42...46,5	4
20	Характеристика массы	Масса детали 4,3 кг	Г

Формирование конструкторско-технологического кода выполнено с применением классификаторов ЕСКД и технологического. При использовании приведенных только в учебном пособии таблиц вместо 5-го и 6-го признаков проставляются нули. Конструкторско-технологический код детали: 715423.8 ИЗО44.3141844Г.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД и ГОСТ 14.004-74 ЕСТПП одной из основных характеристик типа производства является **коэффициент закрепления операций** K_{30} .

Коэффициент K_{30} показывает отношение числа всех операций, выполняемых или подлежащих выполнению в цехе (на участке) в течение месяца, к числу рабочих мест, т.е. характеризует число операций, приходящихся в среднем на одно рабочее место в месяц, или степень специализации рабочих мест. При $K_{30} \leq 1$ производство массовое; если $1 < K_{30} \leq 10$ – крупносерийное; если $10 < K_{30} \leq 20$ – среднесерийное; если $20 < K_{30} \leq 40$ – мелкосерийное. В единичном производстве K_{30} не регламентируется.

При расчетах для действующего цеха (участка)

$$K_{30} = \frac{\sum P_o}{P_{я}} = K_B \cdot \Phi \cdot \frac{\sum P_o}{\sum N_i \cdot T_i}, \quad (5.1)$$

где $\sum P_o$ – суммарное число различных операций;

$P_{я}$ – явочное число рабочих подразделения, выполняющих различные операции;

K_B – коэффициент выполнения норм, $K_B = 1,3$;

Φ – месячный фонд рабочего времени при работе в одну смену, ч;

$\sum N_i \cdot T_i$ – суммарная трудоемкость программы выпуска, ч;

N_i – программа выпуска каждой i -ой номенклатуры;

T_i – трудоемкость i -ой операции, ч.

В условиях учебного технологического проектирования при заданной годовой программе выпуска $N_{Г}$, шт., и известной трудоемкости основных операций технологического процесса $T_{ш.к.}$, мин, явочное число рабочих $P_{я}$ может быть принято равным числу рабочих мест $P_{р.м.}$. В то же время условное число однотипных операций P_{oi} , выполняемых на одном рабочем месте, может быть определено

$$P_{oi} = \frac{\eta_n}{\eta_\phi}, \quad (5.2)$$

где η_n – нормативный коэффициент загрузки рабочего места всеми закрепленными за ним операциями;

η_ϕ – фактический коэффициент загрузки данной операцией.

Рассчитывается фактический коэффициент загрузки по формуле

$$\eta_\phi = \frac{T_{ш.к.} \cdot N_{Г}}{60 \cdot F_{Д} \cdot K_B}, \quad (5.3)$$

где K_B – коэффициент выполнения норм;

$F_{Д}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Приняв по справочным данным $K_B=1,3$, $\eta_n=0,8$ и $F_{Д}=4015$ ч, получим

$$P_{oi} = \frac{60 \cdot \eta_u \cdot F_D \cdot K_e}{N_{\Gamma} \cdot T_{ш.к.}}, \quad (5.4)$$

$$K_{30} = \frac{250536}{N_{\Gamma} \cdot P_{p.m.}} \cdot \sum_{i=1}^{P_{p.m.}} \frac{1}{T_{ш.к.i}}. \quad (5.5)$$

Пример. Определить условное число однотипных операций P_{oi} , выполняемых на каждом рабочем месте, коэффициент закрепления операций K_{30} и тип производства при реализации технологических процессов изготовления двух деталей, используя исходные данные: $T_{ш.к.}$ на операцию 005 – 3,6 мин; на операцию 010 – 5,2 мин; на операцию 015 – 2,8 мин; на операцию 020 – 8,3 мин; на операцию 025 – 4,2 мин; $N_{\Gamma} = 3000$ шт.

$$P_{o1} = \frac{250536}{3000 \cdot 3,6} = 23,2; \quad P_{o2} = 16,1; \quad P_{o3} = 29,8; \quad P_{o4} = 10,1; \quad P_{o5} = 19,9;$$

$$K_{30} = \frac{250536}{3000 \cdot 5} \cdot \left(\frac{1}{3,6} + \frac{1}{5,2} + \frac{1}{2,8} + \frac{1}{8,3} + \frac{1}{4,2} \right) = 19,8.$$

В соответствии с тем, что $K_{30} < 20$, производство среднесерийное.

Для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска и массы детали по табл. 5.1.

Таблица 5.1

Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-20000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	50-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. Единичное производство универсально, т.е. охватывает разнообразные типы изделий, поэтому оно должно быть гибким, с применением универсального оборудования, а также стандартного режущего и измерительного инструмента.

Технологический процесс изготовления детали при этом типе, производства имеет уплотненный характер, т.е. на одном станке выполняются несколько операций или полная обработка всей детали. Применение специальных приспособлений в единичном производстве экономически нецелесообразно, их используют только в исключительных случаях. Себестоимость выпускаемого изделия при единичном производстве сравнительно высокая.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска, чем в единичном типе производства. При серийном производстве используются универсальные станки, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках.

При серийном производстве обычно применяют универсальные специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования специального или специализированного, дорогостоящего приспособления или вспомогательного приспособления и инструмента необходимо производить расчеты затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного периода времени. При массовом производстве технологические процессы разрабатываются подробно и хорошо оснащаются, что позволяет обеспечить высокую точность и взаимозаменяемость деталей, малую трудоемкость, а следовательно, и более низкую, чем при серийном производстве, себестоимость изделий.

При массовом производстве возможно более широко применять механизацию и автоматизацию производственных процессов, использовать дифференцирование технологического процесса на элементарные операции, применять быстродействующие специальные приспособления, режущий и измерительный инструмент.

6 ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Оптимальный метод получения заготовки выбирают, анализируя ряд факторов: материал детали, технические требования на ее изготовление, объем и серийность выпуска, форму поверхностей и размеры деталей. Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность и минимальную себестоимость, считается *оптимальным*.

Максимально приблизить геометрические формы и размеры заготовки к размерам и форме готовой детали – одна из главных задач в заготовительном производстве. Оптимизируя выбор метода и способа получения заготовки, можно не только снизить затраты на ее изготовление, но и значительно сократить трудоемкость механической обработки.

В машиностроении для получения заготовок наиболее широко применяют следующие методы:

- литье;
- обработку металлов давлением;

- сварку;
- комбинации этих методов.

Каждый метод содержит большое число способов получения заготовок.

Вид заготовок и способ их изготовления для конкретной детали определяются такими показателями, как:

- материал;
- конструктивная форма;
- серийность производства;
- масса заготовки.

Материал является одним из важных признаков, определяющих метод получения заготовок. Наиболее широко используемые материалы объединены в 7 групп. Код группы определяется по таблице 6.1 на основе данных чертежа детали.

Таблица 6.1

Классификация материалов по группам

Вид материала	Код группы
Стали углеродистые	1
Чугуны	2
Литейные сплавы	3
Высоколегированные стали и сплавы	4
Низкоуглеродистые стали	5
Легированные стали	6
Прокатанные материалы	7

Конструктивные формы деталей общего машиностроения делятся на 14 видов. Соответствующий код выбирается на основе сравнения реальной детали с описанием типовых деталей, представленных в таблице 14.

Чтобы найти серийность производства, необходимо знать массу детали (согласно чертежу) и задаться конкретной программой выпуска. Код серийности определяется по таблице 6.2.

По массе заготовки сгруппированы в 8 диапазонов, которые выбираются по таблице 6.3 и 6.4.

Для удобства использования в работе по выбору возможных вариантов наиболее часто применяемые способы получения заготовок в машиностроении закодированы в интервале от 1 до 11 и представлены в таблице 6.5.

Таким образом, определив коды по каждому из четырех факторов, составим перечень возможных видов и способов получения заготовок для данной детали согласно таблице 6.6:

1. По коду материала детали находим соответствующие строки таблицы.
2. По коду серийности производства уточняем место строки внутри соответствующего материала.
3. Код конструктивной формы определяет окончательное место строки данных в соответствующем коде серийности.

4. Код массы детали уточняет горизонталь в строке нужного кода формы детали, которая указывает перечень кодов вида заготовок.

Таблица 6.2

Конструктивная форма детали

Основные признаки детали	Код
Валы гладкие круглого или квадратного сечения	1
Валы круглого сечения с одним уступом или фланцем, с буртом или выемкой без центрального отверстия	2
Детали с цилиндрической, конической, криволинейной и комбинированными формами поверхностей без центрального отверстия и с отверстием, длиной $L < 0,5D$	3
То же, $0,5 < L < 2D$	4
То же, $L > 2D$	5
Детали с цилиндрической, конусной, криволинейными поверхностями, с гладкой или ступенчатой наружной поверхностью со сквозным или глухим гладким или ступенчатым отверстием	6
Детали круглые в плане или близкие к этой форме, имеющие гладкую или ступенчатую наружную цилиндрическую поверхность с одно- или двусторонними уступами и ступицами, с центральным отверстием или без него, длиной $0,5D_0 < L < 2D_0$	7
Детали сложной пространственной формы	8
Детали с удлиненной, прямолинейной, изогнутой осью и пересекающимися главными осями	9
Корпусные детали, имеющие сочетания призматической, цилиндрической и других форм наружной поверхности с наличием базовых отверстий и установочных плоскостей, с полостью и без нее, имеющие на поверхности ребра, углубления, выступы, бобышки и отверстия	10
Детали с призматической, цилиндрической или с сочетанием криволинейной или призматической форм наружных поверхностей с привалочной поверхностью в виде прямоугольных, круглых фланцев, имеющие ребра, углубления, выступы	11
Коробчатые разъемные корпуса с установочной поверхностью $\parallel \parallel$ и \perp относительно плоскости разъема, имеющие одну и более базовых поверхностей, а также ребра, углубления, выступы	12
Детали простой конфигурации, ограниченные гладкими и ступенчатыми, плоскими, цилиндрическими и комбинированными поверхностями с наличием ребер, буртов, бобышек, фланцев и отверстий	13
Тонкостенные полые детали с цилиндрической, конической и комбинированными формами наружной поверхности и детали типа дисков и крышек	14

Таблица 6.3 – Определение серийности производства заготовок

Вид заготовки	Программа выпуска при массе детали, кг			Код серийности
	10	100	1000	
Штамповка, поковка	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	2500	1000	600	3
	3500	1000	600	4
Прокат	500	250	60	1
	1000	400	300	2
	3500	1000	600	3,4
Отливка	2000	600	300	1
	12000	4000	1500	2
	30000	8000	7000	3,4

Таблица 6.4 – Диапазоны отливок, поковок и штамповок по массе

Масса, кг	Номер диапазона	Масса, кг	Номер диапазона
До 0,63	1	10,0-63	5
0,63-1,6	2	63-100	6
1,6-4,0	3	100-400	7
4,0-10,0	4	Свыше 400	8

Таблица 6.5 – Диапазоны параметров проката

Масса, кг	Номер диапазона	Масса, кг	Номер диапазона
До 5	1	100-140	5
5-30	2	140-210	6
30-50	3	210-250	7
50-100	4	Свыше 250	8

Таблица 6.6 – Виды заготовок и способы их изготовления

Способ производства заготовок	Код	Коэффициент весовой точности $K_{в.т.}$
Литье в песчано-глинистые формы	1	0,7
Центробежное литье	2	0,85
Литье под давлением	3	0,91
Литье в кокиль	4	0,8
Литье в оболочковые формы	5	0,9
Литье по выплавляемым моделям	6	0,91
Штамповка на молотах и прессах	7	0,8
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	8	0,5
Свободная ковка	9	0,6
Прокат	10	0,4
Сварные заготовки	11	0,95

Таблица 6.7 – Выбор возможных видов и способов изготовления заготовок

Материал	Серийность	Конструктивная форма	Масса детали	Вид заготовки (способ изготовления)
1...3	1	-	1...6	1
	2...4	1	1...6	1, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 4
		2	1...6	1, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 4
		3, 4	1...6	1, 2, 4...6
			7	1, 4, 5
			8	1, 4
		5	1...6	1...6
			7	1, 2, 4, 5
			8	1, 2, 4
		6	1...6	1, 2, 4...6
7	1, 2, 4, 5			
8	1, 2, 4			
7	1...6	1...6		
	7	1, 2, 4		
	8	1, 4...6		
8, 9	1...6	1, 4...6		
	7	1, 4, 5		
	8	1, 4		
10	1...6	1, 3...6		
	7	1, 4, 5		
	8	1, 4		
11, 12	1...6	1, 3...6, 11		
	7	1, 4, 5, 11		
	8	1, 4, 11		
13	1...6	1...6		
	7	1, 2, 4, 5		
	8	1, 2, 4		
14	8	1, 2, 11		
4...7	1	1...7	1...8	9, 10
		8		9
		9		9, 10
		10...12		11
		13, 14		9, 11
4...7	2...4	1	1...8	9...10
		2...7		7...10
		8		7, 9
		9		7...9
		10...12		11
		13, 14		7, 11

Коды вида заготовок с указанием конкретных способов изготовления расшифровываются согласно табл. 18. Это рекомендательная операция для данной детали на первом этапе решения поставленной задачи.

Пример. Определить возможные виды и способы получения заготовок для детали «вал-шестерня» (рис. 6.1). Годовая программа выпуска – 10000 шт.

1. Определяем четыре основных показателя детали: материал – сталь 25ХГНМТ; по таблице 6.1 для данной марки стали определяем код – 5; серийность производства – по табл. 6.3; вид заготовок – штамповки, поковки, прокат, масса – 6,3 кг, программа выпуска – 10000; определяем код – 4; конструктивная форма – по табл. 6.2; основные признаки детали – в соответствии с чертежом; определяем код – 2; масса заготовки – по табл. 6.4 определяем для 6,3 кг соответствующий код – 4.

2. Выбираем возможные виды и способы получения заготовок для данной детали, учитывая определенные выше коды четырех основных показателей детали: код материала – 6; код серийности – 4; код конструктивной формы – 2; код массы – 4.

Из таблицы 6.7 по определенным ранее кодам 6 – 4 – 2 – 4 из графы таблицы «Вид заготовки» выписываем рекомендуемые коды видов: 7, 8, 9, 10.

Используя таблицу 6.5, расшифровываем вычисляемые коды видов заготовок: штамповка на молотах и прессах; штамповка на горизонтально-ковочных машинах; свободнаяковка; прокат.

Определив возможные виды получения заготовки для детали «вал-шестерня», завершаем данный этап.

7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЗАГОТОВКИ

Окончательное решение о выборе конкретного способа из полученного перечня принимается после определения и сравнения **себестоимости получения заготовки** для каждого из рекомендуемых видов.

Себестоимость производства заготовок, без учета затрат на предварительную механическую обработку, для способов литья и обработки давлением определяется по зависимости

$$C_{\text{заг}} = \left[\frac{C + K_{\text{м.о.}}}{1000} \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{С}} - \mathcal{E}_{\text{заг}} - G_{\text{д}} \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] \cdot K_{\text{ф}}, \quad (7.1)$$

где C – базовая стоимость 1 т заготовок, руб./т (табл. 7.1...7.4);

$K_{\text{м.о.}}$ – коэффициент доплаты за термическую обработку и очистку заготовок, руб./т (табл. 7.5);

$G_{\text{заг}}$ – масса заготовки, кг;

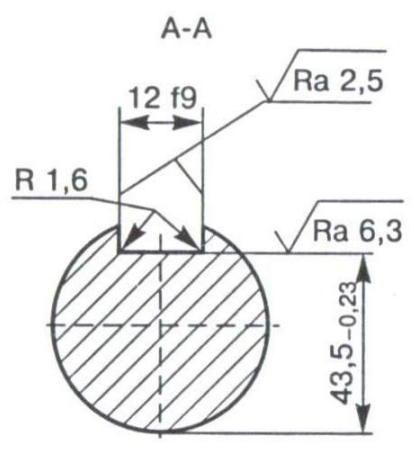
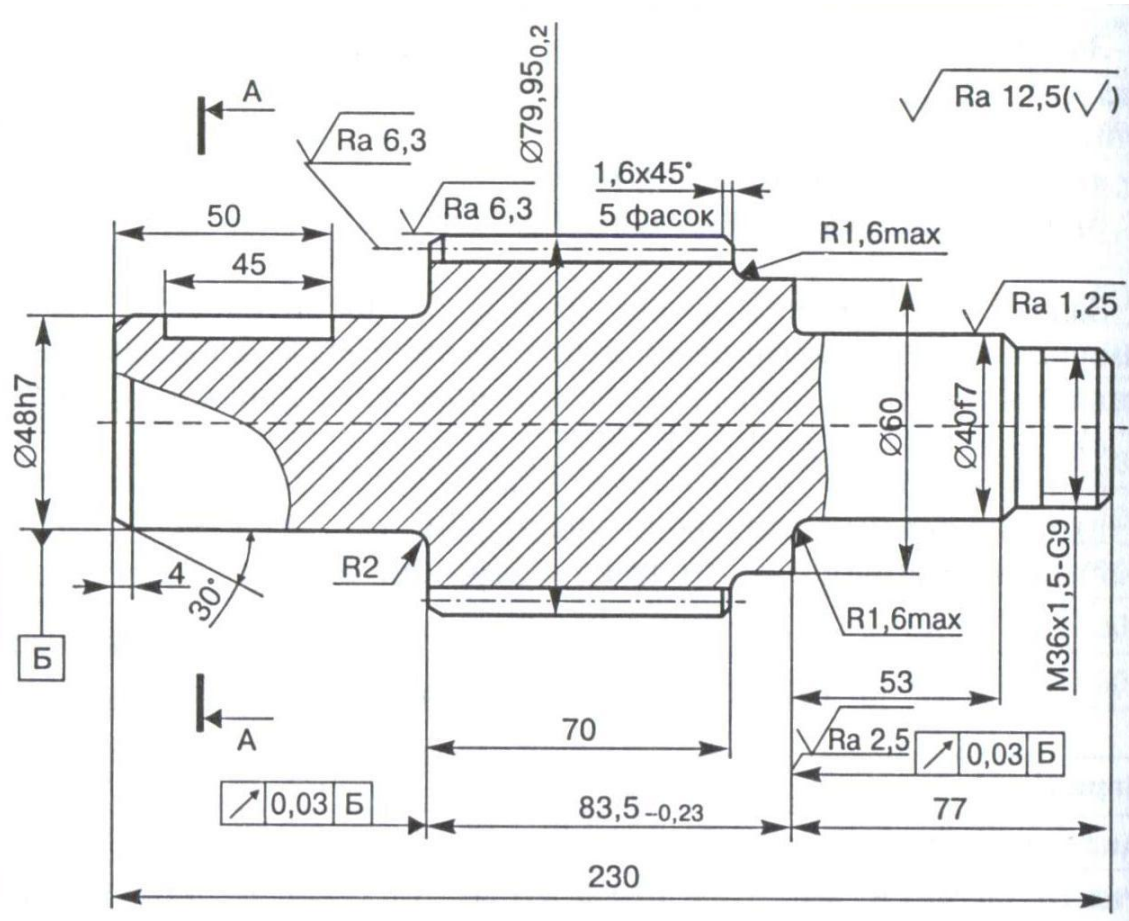
$K_{\text{Т}}$ – коэффициент, учитывающий точностные характеристики заготовок (табл. 7.6);

$K_{\text{С}}$ – коэффициент, учитывающий серийность выпуска заготовок (табл. 7.7...7.9);

$G_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$S_{\text{отх}}$ – стоимость 1 т отходов (стружки), руб.;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий инфляцию (по отношению к ценам 1991 г.).



Модуль	m	3
Число зубьев	z	20
Степень точности	—	8—9
Высота зуба	h	2,53
Диаметр основной окружности	d	68,931

1. Цементировать h 1,0...1,4 мм, кроме резьбы; HRC_3 60...64, сердцевина — HRC_3 32...46
2. Острые кромки зубьев затупить фасками $1 \times 45^\circ$ с обоих торцов
3. Неуказанные предельные отклонения размеров $h14$, $H14$, $\pm \frac{IT14}{2}$

Вал-шестерня Сталь 25ХГНМТ Масса 6,3 кг	ТМ1
---	-----

Рисунок 6.1 – Вал-шестерня

Таблица 7.1

Оптовая цена 1 т отливок из чугуна, руб.

Масса одной отливки, кг	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
4,5	322	401	496	590	704	843
5,65	316	394	486	579	691	827
7,15	310	386	477	569	677	811
9	304	379	468	557	665	796

Таблица 7.2

Оптовая цена 1 т отливок из стали, руб.

Масса одной отливки, кг	Группа сложности					
	1	2	3	4	5	6
14,25	352	439	542	645	770	922
18	346	431	533	634	756	906
22,5	341	424	524	623	744	891
28,25	335	417	515	613	732	876

Таблица 7.3

Оптовая цена 1 т поковок, руб.

Масса одной поковки, кг	Группа сложности			
	1	2	3	4
2,825	398	452	506	567
3,575	382	432	485	544
4,5	368	418	468	524
5,65	354	403	450	504
7,15	342	389	435	486
9	332	376	422	472
11,25	321	365	409	458

Таблица 7.4

Оптовая цена 1 т штамповок, руб.

Масса одной поковки, кг	Группа сложности			
	1	2	3	4
1,8	508	577	647	724
2,25	482	548	613	686
2,825	457	519	582	651
3,575	439	499	558	625
4,5	422	480	538	602
5,65	407	463	517	579
7,15	393	446	500	559
9	381	432	484	542
11,25	369	419	469	526

Таблица 7.5

Доплаты за термообработку и очистку заготовок

Вид термообработки	$K_{т.о.}$, руб/т
Отжиг	1,165
Нормализация	1,27
Очистка от окалины	1,67

Таблица 7.6

Коэффициент K_T , учитывающий класс точности размеров в зависимости от способов литья

Способ литья	K_T
В песчано-глинистые формы (ПГФ), в оболочковые формы	1,165
В кокиль, центробежное литье	1,27
По выплавляемым моделям	1,67

Таблица 7.7

Коэффициент K_C , учитывающий серийность выпуска заготовок-поковок массой 2,5-10 кг

Число поковок в годовом заказе, шт	K_C
125 и менее	1,5
126-250	1,25
251-500	1,1
Свыше 501	1

Таблица 7.8

Коэффициент K_C , учитывающий серийность выпуска штамповок

Группа серийности	Число горячих штамповок в годовом заказе при массе одной штамповки, кг				K_C
	1,6-2,5	2,5-4,0	4,0-10	10-25	
5	700 и менее	650 и менее	500 и менее	400 и менее	По договорам с покупателем
4	701-1400	651-1250	501-1000	401-750	1,3
3	1401-4500	1251-4000	1001-3500	751-3000	1,15
2	4501-120000	4001-100000	3501-75000	3001-50000	1,0
1	Свыше 120000	Свыше 100000	Свыше 75000	Свыше 50000	0,9

Таблица 7.9

Коэффициент K_C , учитывающий серийность выпуска отливок

Размер партии, шт.	K_C	Размер партии, шт.	K_C
Менее 200	1,23	12001-20000	1,03
201-1000	1,15	20001-75000	1,0
1001-4000	1,1	75001-200000	0,97
4001-12000	1,06		

Масса заготовки

$$G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{в.т.}}} \quad (7.2)$$

где $K_{\text{в.т.}}$ – коэффициент весовой точности (см. таблицу 6.6).

Пример. Определить себестоимость изготовления заготовки для детали «вал-шестерня», полученной штамповкой на молотах (рис. 7.1). Годовая программа выпуска – 10000 шт.

Себестоимость производства заготовки — штамповки на молотах определяется по зависимости (7.1)

$$1) G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{в.т.}}}$$

Т.к. $K_{\text{в.т.}}=0,8$ (см. табл. 6.6), $G_{\text{д}}=6,3$ кг, то

$$G_{\text{заг}} = \frac{6,3}{0,8} = 7,9 \text{ кг.}$$

$$2) C = C_1 - \frac{C_1 - C_2}{M_2 - M_1} \cdot G_{\text{заг}} - M_1$$

Т.к. $M_1 = 7,15$ кг, $M_2 = 9$ кг, $C_1 = 446$ руб., $C_2 = 432$ руб. (см. табл. 7.4), то

$$C = 446 - \frac{446 - 432}{9 - 7,15} \cdot 7,9 - 7,15 = 440,3 \text{ руб.}$$

$$3) C_{\text{заг}} = \left[\frac{C + K_{\text{м.о.}}}{1000} \cdot G_{\text{заг}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{С}} - G_{\text{заг}} - G_{\text{д}} \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right] \cdot K_{\text{Ф}}$$

Т.к. $K_{\text{м.о.}}=8$ (см. табл. 7.5), $K_{\text{Т}}$ для штамповок, поковок, проката не учитывается, $K_{\text{С}} = 1$ (см. табл. 27), $S_{\text{отх}}=27$ руб./т, $K_{\text{Ф}}=5$, то

$$C_{\text{заг}} = \left[\frac{440,3 + 8}{1000} \cdot 7,9 \cdot 1 - 7,9 - 6,3 \cdot \frac{27}{1000} \right] \cdot 5 = 17,5 \text{ руб.}$$

Итак, стоимость заготовки штамповки 17,5 руб.

8 РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Разработка маршрутного технологического процесса механической обработки заготовки является основой курсовой работы. От правильности и полноты разработки маршрутного технологического процесса во многом зависят организация производства и дальнейшие технико-экономические расчеты.

В технологической части курсовой работы необходимо дать анализ и обоснование разрабатываемого технологического процесса. Прежде всего необходимо выделить все операции, в которых применяется прогрессивное станочное оборудование, быстродействующее приспособление, специальный режущий и измерительный инструмент. Характер технологического процесса в

курсовой работе определяется типом производства и особыми условиями проектирования, указанными в задании.

Разработка технологического процесса должна быть основана на использовании научно-технических достижений во всех отраслях промышленности и направлена на повышение технического уровня производства, качества продукции и производительности труда.

Для мелкосерийного производства технологический процесс следует разрабатывать по принципу группового метода обработки деталей, дающего возможность эффективно применять на универсальном оборудовании специализированную высокопроизводительную технологическую оснастку и повышать производительность труда. В мелкосерийном производстве нашли широкое применение станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Станки с ЧПУ не требуют длительной переналадки при переходе на обработку от одной заготовки на другую, что позволяет на данных станках производить процесс обработки широкой номенклатуры заготовок.

Применение станков с ЧПУ в условиях мелкосерийного производства позволяет увеличить производительность труда, сократить сроки подготовки производства (на 50—70 %), снизить себестоимость изготовления деталей, а также использовать труд рабочих более низкой квалификации.

Эффективность использования станков с ЧПУ обеспечивается:

- отбором номенклатуры заготовок (по сложности конструкции; по возможности концентрации операций; исключением разметочных и слесарных работ; замены дорогостоящего оборудования и технологической оснастки);
- повышением технологичности конструкций детали;
- групповым методом обработки деталей (классификацией деталей, поверхностей, группированием деталей).

Обеспечение процесса обработки детали производится по следующей схеме:

- ознакомление с существующим опытом изготовления аналогичной детали (заготовка, маршрут обработки, структура операций, приспособления, режущий инструмент, режимы резания);
- разработка технологической документации (операционная технологическая карта; схема движения режущих инструментов; карта настройки; карта программирования, управляющая программа);
- проверка и корректирование управляющих программ (отработка программы без установки режущих инструментов, пробная обработка макета заготовки).

Запись технологических переходов операции производят так же, как и описание технологического процесса, проектируемого на станок с ручным управлением. Независимо от типа производства следует производить подробную разработку технологического процесса.

Проектирование операционного технологического процесса изготовления детали на станках с ЧПУ производится на основе технико-экономических расчетов с обеспечением минимальных затрат времени и наименьшей себестоимости.

В серийном производстве следует проектировать технологический процесс, ориентируясь на использование переменного-поточных линий, когда параллельно изготавливаются партии деталей разных наименований, что и позволяет использовать преимущества массового производства.

В массовом производстве следует стремиться разрабатывать технологический процесс для непрерывной поточной линии с использованием высокопроизводительных станков, специальной технологической оснастки и максимальной механизации и автоматизации производства.

Какой бы тип производства не применялся при разработке технологического процесса, он должен находиться на уровне передовых достижений науки и техники (с учетом ЕСТД и ЕСТП).

Разрабатывая технологический процесс обработки деталей необходимо выполнить следующие условия:

- наметить базовые поверхности, которые должны быть обработаны в самом начале процесса;
- выполнить операции черновой обработки, при которых снимают наибольшие слои металла, что позволяет сразу выявить дефекты заготовки и освободиться от внутренних напряжений, вызывающих деформации;
- обработать вначале те поверхности, которые не снижают жесткость обрабатываемой детали;
- первыми следует обрабатывать такие поверхности, которые не требуют высокой точности качества;
- необходимо учитывать целесообразность концентрации (обработка в операции максимально возможного числа поверхностей)^о или дифференциации (разделение операций на более простые) операций;
- при выборе технологических баз следует стремиться к соблюдению основных принципов базирования - совмещения и постоянства баз;
- необходимо учитывать, на каких стадиях технологического процесса целесообразно производить механическую обработку, гальванические покрытия, термическую обработку и другие методы обработки в зависимости от требований чертежа;
- отделочные операции следует выносить к концу технологического процесса обработки, за исключением тех случаев, когда поверхности служат базой для последующих операций.

При разработке технологических операций необходимо особое внимание уделить выбору баз для обеспечения точности обработки деталей и выполнения технических требований чертежа.

При выборе баз необходимо принимать поверхности, не подлежащие обработке, а если детали имеют несколько необрабатываемых поверхностей, то за базу надо принимать ту из них, которая должна иметь наименьшее смещение относительно своей оси или быть с наименьшим припуском на обработку.

При выборе баз необходимо принимать поверхности, от которых дан размер на чертеже, определяющий положение обрабатываемой поверхности.

Базы должны обеспечить отсутствие недопустимых деформаций детали, а также простоту конструкции станочного приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

Более подробные рекомендации по разработке технологических процессов механической обработки деталей приведены в учебной и справочной технической литературе, а также в стандартах ЕСТД и ЕСТШ.

Разработанный вариант маршрута должен быть представлен в виде маршрутной карты, оформленной в соответствии с ГОСТ 1118-82 (форма 1 и 1а).

8.1 Технология изготовления деталей класса валов

Широкое распространение в машиностроении получили детали типа валов – гладкие и ступенчатые с разными перепадами диаметров. В настоящее время разработаны типовые технологические процессы механической обработки валов на основе разновидности их в разных типах производства.

Отдельные элементы операций типового технологического процесса можно использовать в разрабатываемом технологическом процессе.

Анализ рабочего чертежа деталей класса валов позволяет сделать следующие заключения:

- основными конструкторскими базами является ось детали и торец, от которых заданы размеры;
- двустороннее расположение ступеней с равномерным перепадом диаметров не затрудняет процесс обработки;
- в массовом и крупносерийном производстве заготовки получают методом штамповки или специального профильного проката.

Схема технологического процесса изготовления деталей класса вал представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Технологическая схема изготовления деталей класса вал

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Технологические базы	Оборудование
005	Фрезерно-центровальная Фрезерование торцов вала и сверление центральных отверстий с двух сторон	Наружные поверхности двух шеек	Фрезерно-центровальный полуавтомат
010	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с одной стороны и подрезание торцовых поверхностей ступеней вала	Центровые отверстия вала	Токарный многорезцовый или многошпиндельный полуавтомат
015	Токарная	Центровые от-	Токарный многорез-

	Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны, а также подрезка обрабатываемых шеек вала	верстия вала	цовый или многошпиндельный полуавтомат
020	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала под шлифование и окончательная подрезка торцов ступеней вала (если отдельные торцы ступеней подлежат шлифовке, необходимо оставлять припуск под шлифовку).	Центровые отверстия вала	Токарный многорезцовый или многошпиндельный полуавтомат
025	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с припуском под шлифование и окончательная подрезка торцов ступеней вала с другой стороны. Технологическая база - центровые отверстия вала	Центровые отверстия вала	Токарный многорезцовый или многошпиндельный полуавтомат
030	Контроль промежуточный		
035	Термическая обработка HRC _э 41...45		
040	Шлифовальная Предварительное шлифование шеек вала в зависимости от требований чертежа по качеству поверхностей и точности обработки	Центровые отверстия вала	Круглошлифовальный полуавтомат
045	Шлифовальная Окончательное шлифование поверхностей шеек вала согласно размерам по рабочему чертежу и шероховатостей поверхностей	Центровые отверстия вала	Круглошлифовальный полуавтомат
050	Моечная		
055	Контроль окончательный		

Примечание. При наличии у детали других элементов (отверстий, шпоночных пазов, резьб и т.д.) их обработку производить в установленной технологической последовательности до термической обработки

8.2 Технология изготовления зубчатых колес

Зубчатые колеса являются очень распространенными деталями в машиностроении. Они весьма разнообразны по форме, размерам, степени точности и другим кинематическим параметрам. Выбор метода изготовления зубчатых колес зависит от многих факторов: типа и размеров колес, заданной точности и качества поверхностей зубчатого колеса, объема изготавливаемых однотипных колес, вида и материала заготовок, кинематической точности и других параметров.

Выбор схемы обработки зубчатых колес должен производиться на основании тщательного анализа конструкции колеса и технических требований на его изготовление и возможностей данного производства. Обычно изготовление зубчатых колес производится в два этапа: первый этап – операции по обработке поверхностей зубчатого колеса до зубообразования, второй – операции по обработке и отделке зубьев колеса (табл. 8.2, 8.3).

Таблица 8.2

Технологическая схема изготовления цилиндрических зубчатых колес

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Технологические базы	Оборудование
005	Токарная Обтачивание поверхностей наружного контура, зенкерование (расточивание) с одной стороны детали	Наружный диаметр венца колеса и торец	Токарный многошпиндельный полуавтомат
010	Токарная Обтачивание поверхностей контура, зенкерование (расточивание) базового отверстия. Технологическая база	Наружный диаметр венца колеса и торец после обтачивания на первой операции (торцовую поверхность венца метить для протяжной операции)	Токарный многошпиндельный полуавтомат
015	Протяжная Протягивание базового отверстия		Протяжной
020	Токарная Обработка наружного контура зубчатого колеса	Шлицевое отверстие колеса	Токарный многолезцовый

025	Контрольная – промежуточный контроль		
030	Зубофрезерная Фрезерование зубьев зубчатого колеса	Шлицевое отверстие и торец ступицы, а для последующих деталей комплекта – установочное кольцо (при необходимости) и торцовые поверхности венца колеса	Зубофрезерный полуавтомат
035	Зубозакругляющая (при необходимости) Закругление зубьев с одной стороны	Шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	Зубозакругляющий
040	Зубозакругляющая Закругление зубьев с другой стороны	Шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	Зубозакругляющий
045	Зачистная Зачистка заусенцев и мойка		Автомат для зачистки и мойки
050	Шевингование Шевингование зубьев колеса	Шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	Шевинговальный автомат
055	Моечная Мойка деталей		Моечный агрегат
060	Контрольная – промежуточный контроль		
065	Термическая обработка (при необходимости)		
070	Калибровочная (при необходимости) Калибровать шлицевые поверхности	Торец ступицы колеса	Калибровочный автомат
075	Зубообкатная (при необходимости) Обкатка зубьев колеса	Шлицевое отверстие и торец ступицы колеса	Зубообкатный автомат
080	Внутришлифовальная Шлифование базового отверстия.	Эвольвента зубьев и торец ступицы колеса	Внутришлифовальный
085	Моечная		Моечный агрегат

	Мойка деталей		
090	Контрольная – окончательный контроль		

Примечание. Разработку технологического процесса механической обработки зубчатого колеса можно начинать с подготовки базового отверстия. В таком случае схема обработки колеса до зубообразования примет следующий порядок:

1. Сверление базового отверстия с одновременной обработкой торца ступицы и фаски.
2. Протягивание круглого и шлицевого отверстия.
3. Токарная обработка на многорезцовом или многошпиндельном токарном станке.
4. Токарная обработка на многорезцовом станке.

Все остальные операции выполняются по схеме как указано в таблице 8.2.

В конструкциях зубчатых колес могут быть и другие элементы (выточки, отверстия гладкие и резьбовые и т.д.); в таком случае технологическая схема обработки будет дополняться новыми операциями или переходами.

Таблица 8.3

Технологическая схема изготовления вала-шестерни

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Технологические базы	Оборудование
005	Фрезерно-центровальная Фрезерование торцов вала и сверление центровых отверстий с двух сторон	Наружные поверхности двух шеек заготовки и торец ступени зубчатого венца	Фрезеровально-центровальный
010	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с одной стороны и подрезание торцовых поверхностей обрабатываемых шеек вала	Центровые отверстия	Токарный многорезцовый или многошпиндельный
015	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны, а также подрезка торцов, обрабатываемых шеек вала	Центровые отверстия	Токарный многорезцовый или многошпиндельный
020	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала под	Центровые отверстия	Токарный гидроконтрольный

	шлифование и окончательная подрезка торцов шеек вала (если отдельные поверхности торцов шеек вала подлежат шлифованию, то необходимо оставлять припуск)		
025	Токарная Обтачивание поверхностей шеек вала с другой стороны с припуском под шлифование и окончательная подрезка торцов шеек вала.	Центровые отверстия	Токарный гидрокопировальный
030	Контрольная – промежуточный контроль		
035	Зубофрезерная Фрезерование зубьев зубчатого колеса.	Центровые отверстия	Зубофрезерный
040	Зубофрезерная Фрезерование зубьев зубчатого колеса.	Центровые отверстия	Зубофрезерный
045	Зубозакругляющая Закругление зубьев с одной стороны венца	Центровые отверстия	Зубозакругляющий
050	Зубозакругляющая – с другой стороны	Центровые отверстия	Зубозакругляющий
055	Зубошевингование или зубошлифование	Центровые отверстия	Шевинговальный
060	Моечная. Контроль ОТК	-	-

Пример

Разработать маршрут обработки вала-шестерни (рис. 8.1), изготавливаемого из стали 45 (HRC₃ 40...45) в условиях крупносерийного производства.

Решение

Анализ чертежа показывает, что наиболее высокие требования по точности и качеству предъявляются к опорным шейкам, прилегающим к ним торцам и зубчатой поверхности вала-шестерни. Конструкция детали в основном отработана на технологичность, обладает высокой жесткостью, обеспечивает свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям, что позволяет использовать при обработке многоинструментные наладки и высокопроизводительные режимы резания. Опорные шейки вала-шестерни обрабатывают на

шлифовальных станках (с наклоном шлифовального круга), обеспечивающих высокую точность расположения торцов 4 и 10 (см. рис. 8.1) к поверхностям опорных шеек и снижение трудоемкости операций за счет одновременной обработки этих поверхностей. Заданные чертежом точность размеров поверхностей, их относительного расположения и параметры качества поверхностного слоя могут быть достаточно экономично обеспечены традиционными методами обработки.

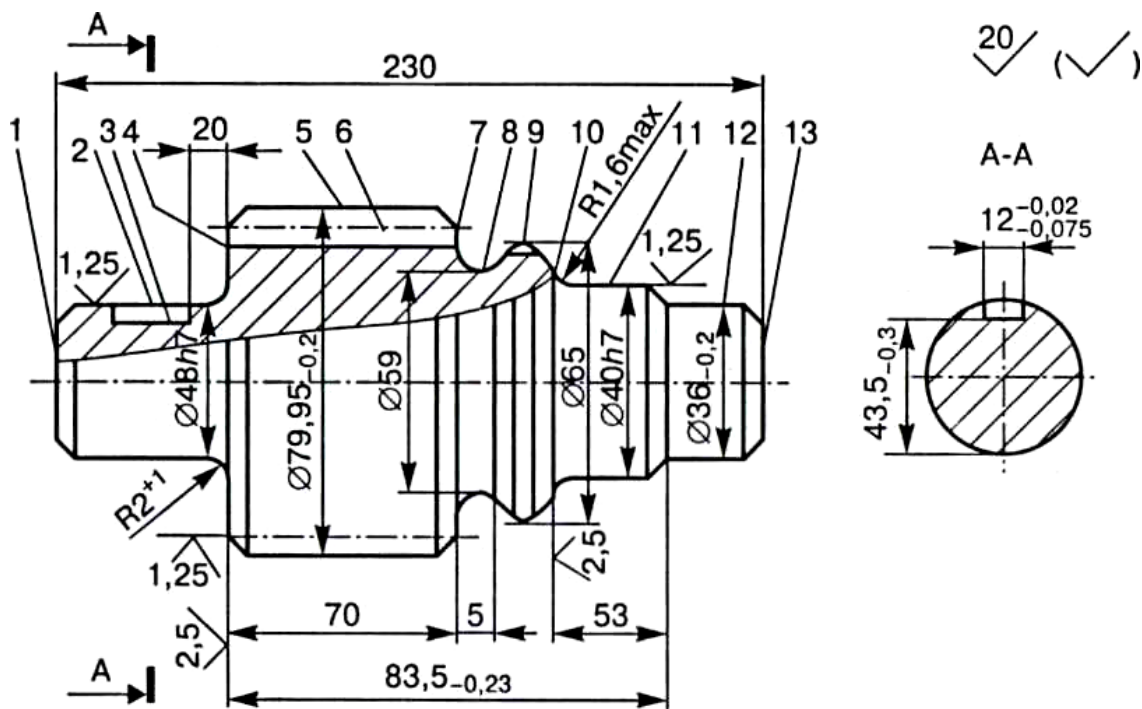


Рис. 8.1 Эскиз вала-шестерни: модуль зубьев – 6,5; число зубьев – 12; не-указанные предельные отклонения на размеры – по 14-му качеству

Вместе с тем предусмотренная чертежом форма шпоночного паза нетехнологична, так как требует обработки малопроизводительным методом — многопроходным фрезерованием концевой фрезой. Очевидно, что без ущерба для прочности вала форму этого паза целесообразно было бы заменить либо на сегментную, либо на полуоткрытую и применить более производительные дисковые фрезы. Недостаточно технологичной делают конструкцию также различные радиусы переходных поверхностей от опорных шеек к торцам 4 и 10.

Учитывая конфигурацию, размеры вала и крупносерийный характер производства, в качестве исходной принимаем штампованную заготовку нормальной точности. Технологические базы выбираем исходя из основных принципов базирования. При обработке валов, как правило, в качестве баз используют ось вала и один из торцов. На первой операции эти базы реализуются при установке исходной заготовки в самоцентрирующиеся призмы (двойная направляющая база) с упором в торце 10 (опорная база). Общая ось двух центровых отверстий, обработанных на этой операции, является постоянной базой для выполнения большинства последующих операций обработки заготовки. Опорные базы в

направлении линейных размеров выбираем с учетом характера их простановки на чертеже и возможности совмещения технологических и измерительных баз. Так, на операциях обработки торца 4 в качестве опорной базы целесообразно использовать торец 10, так как от него задаются операционные размеры, а при фрезеровании шпоночного паза 3 – торец 4.

Общий план обработки наружных поверхностей вращения заготовки может быть принят следующим: черновое обтачивание всех поверхностей, чистовое обтачивание и однократное шлифование после термообработки шеек 11, 2 и торцов 10, 4. Требования к зубьям детали (7-я степень точности и шероховатость $Ra = 1,25$ мкм) могут быть выполнены зубофрезерованием и шевингованием, однако, учитывая потерю точности и ухудшение шероховатости поверхностей после термической обработки, целесообразно введение операции зубохонингования.

Тип производства и конфигурация детали определяют выбор оборудования, которое должно обеспечить высокопроизводительную обработку и автоматическое получение заданной точности путем настройки. В наибольшей степени при заданных условиях этим требованиям удовлетворяют фрезерно-центровальные, гидроконтрольные, шпоночно-фрезерные, зубофрезерные, зубошевинговальные и торцекрылошлифовальные полуавтоматы.

Разработанный маршрут обработки вала-шестерни представлен в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Технологический маршрут обработки вала-шестерни

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Технологическая база	Оборудование
005	Фрезерно-центровальная фрезеровать торцы 1 и 13 (см. рис. 8.1), зацентровать с двух сторон	Ось и торец исходной заготовки	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР73М
010	Токарно-копировальная точить поверхности 11, 12, 5, фаски, подрезать торец 10	Ось и торец 1	Токарный копировальный полуавтомат 1Н713
015	Токарно-копировальная	Ось и торец 10	Токарный ко-

	точить поверхность 2, фаски, подрезать торцы 4 и 7, прорезать канавку 8		пировальный полуавтомат 1Н713
020	Токарно-копировальная Точить под шлифование поверхность 11 и подрезать торец 10	Ось и торец 4	Токарный копировальный полуавтомат 1Н713
025	Токарно-копировальная Точить под шлифование поверхность 2 и подрезать торец 4	Ось и торец 10	Токарный копировальный полуавтомат 1Н713
030	Шпоночно-фрезерная Фрезеровать шпоночный паз 3	Поверхности 2, 11 и торец 4	Шпоночно-фрезерный 6Д91
035	Зубофрезерная Фрезеровать зубья 6	Ось вала	Зубофрезерный полуавтомат 5В312
040	Зубошевинговальная Шевинговать зубья 6	Ось вала	Зубошевинговальный 5702
045	Контрольная		
050	Термическая Закалка, отпуск (HRC ₃ 40...45)		
055	Зубохонинговальная Хонинговать зубья 6		Зубохонинговальный 5А913
060	Круглошлифовальная Шлифовать одновременно поверхности 10 и 11, выдерживая R1, 6max	Ось и торец 4	Торцекруглошлифовальный 3Т161А
065	Круглошлифовальная Шлифовать одновременно поверхности 2 и 4, выдерживая R2	Ось и торец 10	Торцекруглошлифовальный 3Т161А
070	Контрольная		

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРИПУСКОВ, ДОПУСКОВ И РАЗМЕРОВ

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Промежуточные припуски имеют очень важное значение в процессе разработки технологических операций механической обработки деталей. Правильное назначение промежуточных припусков на обработку заготовки обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость изделий и ускоряет дальнейшее развитие машиностроительной промышленности.

В массовом и крупносерийном производстве промежуточные припуски рекомендуется рассчитывать аналитическим методом, что позволяет обеспечить экономию материала, электроэнергии; и другие материальные и трудовые ресурсы производства.

В серийном и единичном производствах используют статистический (табличный) метод определения промежуточных припусков на обработку заготовки, что обеспечивает более быструю подготовку производства по выпуску планируемой продукции и освобождает инженерно-технических работников от трудоемкой работы.

После расчета промежуточных размеров определяют допуски на эти размеры, соответствующие экономической точности данной операции. Промежуточные размеры и допуски на них определяют для каждой обрабатываемой поверхности детали.

Черновые операции обычно следует выполнять с более низкими техническими требованиями на изготовление (12-14 квалитет), получистовые – на один-два квалитета ниже и окончательные операции выполняются по требованиям рабочего чертежа детали.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей зависит от степени точности и назначается по справочным таблицам.

Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности обработки повышает себестоимость изготовления детали на данной технологической операции.

При назначении промежуточных предельных отклонений необходимо учитывать рекомендации при разработке технологического процесса изготовления деталей.

9.1 Аналитический метод определения припусков

Величина припуска влияет на себестоимость изготовления детали. При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и другие производственные расходы, а при уменьшенном приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает себестоимость изготовления детали.

Обычно в заготовках, полученных методом литья, могут содержаться раковины, песочные включения, а в штампованных заготовках имеются обезуглероженный слой, микротрещины и другие дефекты.

Дефектный слой чугуновых отливок по деревянным моделям составляет 1-6 мм, у поковок 0,5-1,5 мм и у горячекатаного проката 0,5-1,0 мм. Для более точного определения припуска на обработку и предотвращения перерасхода материала применяют аналитический метод для каждого конкретного случая с учетом всех требований выполнения заготовок и промежуточных операций.

Для получения деталей более высокого качества необходимо при каждом технологическом переходе механической обработки заготовки предусматривать производственные погрешности, характеризующие отклонения размеров, геометрические отклонения формы поверхности, микронеровности, отклонения расположения поверхностей. Все эти отклонения должны находиться в пределах поля допуска на размер поверхности заготовки.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки.

Величина промежуточного припуска для плоских поверхностей заготовки

$$z_{\min} = R_z + T + \rho_0 + \varepsilon_y, \quad (9.1)$$

для поверхностей типа тел вращения (наружных и внутренних)

$$2z_{\min} = 2(R_z + T + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_y}), \quad (9.2)$$

где R_z – высота микронеровностей поверхности, оставшихся при выполнении предшествующего технологического перехода;

T – глубина дефектного поверхностного слоя, оставшегося при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм;

ρ_0 – суммарные отклонения расположения, возникшие на предшествующем технологическом переходе, мкм;

ε_y – величина погрешностей установки заготовки при выполняемом технологическом переходе, мкм.

Отклонения после чистовой обработки обычно исключают при расчетах из-за их малой величины. Отклонения и погрешности установки определяют в каждом конкретном случае в зависимости от метода получения заготовки. Максимальный припуск на обработку поверхности заготовки:

- для плоских поверхностей

$$z_{\max} = z_{\min} + \delta_{\Pi} - \delta_B;$$

- для поверхностей типа тел вращения

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{Dn} - \delta_{De},$$

где δ_{Π} и δ_{Dn} – допуск на размер на предшествующем переходе, мм;

δ_B и δ_{De} – допуск на размер на выполняемом переходе, мм.

Допуски и шероховатость поверхности на окончательных технологических переходах (операциях) принимают по рабочему чертежу.

Для удобства определения промежуточных припусков перед их расчетом исходные и расчетные данные по каждой операции на конкретную обрабатыва-

емую поверхность в технологической последовательности заносят таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Расчет припусков, допусков и промежуточных размеров по технологическим операциям

Вид заготовки и технологическая операция	Точность заготовки и обрабатываемой поверхности	Допуск на размер δ мм	Элементы припуска, мкм				Промежуточные размеры заготовки, мм		Промежуточные припуски, мм	
			R_z	T	ρ_m	ε	D_{max}	D_{min}	$2z_{max}$	$2z_{min}$

Таблицу рекомендуется заполнять в следующей последовательности:

- в графу «Вид заготовки и технологическая операция» записывают вид заготовки и операции, установленные на данную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности;
- в графу «Точность заготовки и обрабатываемой поверхности» записывают степень точности выбранной заготовки и качества на промежуточные размеры без предельных отклонений;
- в графу «Элементы припусков» заносят величину микронеровностей R_z и глубину дефектного поверхностного слоя T на заготовку и на все операции в технологической последовательности в зависимости от метода обработки, а величину погрешностей установки заготовки на выполняемой операции определяют по таблице или производят расчет по формулам;
- суммарное значение отклонений ρ рассчитывают аналитическим методом и значения расчета заносят в графу таблицы;
- графу «Допуски на размер» заполняют значениями допусков на заготовку и промежуточные размеры согласно степени точности заготовки и качества, установленных на размер по каждой операции.

Остальные значения промежуточных припусков и размеров заносят в таблицу после расчетов.

Графы промежуточных размеров D_{min} и D_{max} определяют и заполняют от окончательных промежуточных размеров до размеров заготовки.

9.1.1 Расчет припусков при изготовлении деталей из проката

Гладкие, ступенчатые валы и другие аналогичные детали изготавливают из проката повышенной или обычной точности. Методы обработки заготовок ведут согласно степени точности принятого проката. Для ступенчатых валов расчет припусков и предельных размеров ведут по ступени с наибольшим диаметром, а при их равенстве по ступени, к которой предъявляют высокие технические требования по точности, качеству поверхности, отклонения расположения.

Суммарные отклонения расположения проката определяются

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_{ц}^2},$$

где ρ_m – величина отклонения расположения (местная или общая), мкм;

$\rho_{ц}$ – величина расположения отклонения заготовки при центровке, мкм.

Верхнее отклонение расположения (местную) проката определяют при установке в центрах

$$\rho_{ом} = 2\Delta_y \cdot L_K,$$

при консольном креплении

$$\rho_{ом} = \Delta_y \cdot L_K,$$

где Δ_y – величина удельного отклонения расположения мкм/мм;

L_K – расстояние от сечения, для которого определяют величину отклонения расположения до места крепления заготовки, мм.

При консольной обработке заготовки $L_K \leq L$, а при обработке в центрах $L_K \leq 0,5 \cdot L$ (L – общая длина заготовки, мм).

Величина расположения заготовки при зацентровке $\rho_{ц}$

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_s^2 + 1},$$

где δ_s – допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, использованный при центровке, мм.

Величина остаточного суммарного расположения заготовки после выполнения перехода (операции)

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{ос},$$

где K_y – коэффициент уточнения (таблица 9.2);

$\rho_{ос}$ – суммарные отклонения расположения заготовки, мкм.

Таблица 9.2 – Значения коэффициента уточнения K_y

Вид заготовки	Технологический переход	K_y
Калиброванный прокат	После обтачивания однократного	0,05
	После обтачивания двукратного	0,02
	После шлифования обдирочного	0,06
	После шлифования чистового	0,04
Горячекатаный прокат, штамповка, отливка	После обтачивания:	
	чернового и однократного	0,06
	получистового	0,05
	чистового	0,04

При обработке отверстий плавающим инструментом суммарные отклонения расположения им не исправляются, поэтому в дальнейших расчетах не участвуют.

Погрешность установки на заготовку

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{зк}}^2},$$

где ε_{δ} – погрешность базирования, мкм;

$\varepsilon_{\text{зк}}$ – погрешность крепления заготовки, мкм.

При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования $\varepsilon_{\delta} = 0$, поэтому необходимо стремиться (когда это возможно) базы совмещать.

При базировании в центрах погрешность установки в радиальном направлении

$$\varepsilon_y = 0,25 \cdot \delta_{\text{с}},$$

где $\delta_{\text{с}}$ – допуск на диаметральный размер заготовки, мм.

Деформацию заготовок при зажимной силе, направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, для черновых заготовок принимают 100-150 мкм, после черновой обработки 50-65 мкм, после чистовой обработки 10-15 мкм.

При закреплении заготовок в приспособлениях тисочного типа погрешность закрепления

$$\varepsilon_{\text{зк}} = K_{\text{з}} \cdot b,$$

где $K_{\text{з}}$ – коэффициент, зависящий от характеристики поверхностей, воспринимающих силу зажима; для поверхностей до обработки $K_{\text{з}} = 17,5$; после черновой обработки $K_{\text{з}} = 5,8$;

b – ширина поверхности заготовки, мм.

Промежуточные расчетные размеры

$$D_{pi} = D_{nom} + 2z_{\min i},$$

Последовательность определения промежуточных расчетных размеров производят от номинальных размеров детали по чертежу (окончательной операции или перехода) к размерам заготовки. Например, если необходимо определить промежуточный расчетный размер на черновую токарную обработку, то к номинальному расчетному размеру чистовой токарной операции прибавляют минимальный расчетный припуск на чистовую обработку и т.д.

Минимальные (максимальные) промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов) или вычитания (для отверстий), минимальных (максимальных) значений промежуточных припусков

$$D_{\min} = D_{\min i} + 2z_{\min i};$$

$$D_{\max} = D_{\max i} + 2z_{\max i},$$

где $D_{\max i}$, $D_{\min i}$ – предельные размеры поверхностей по операциям (переходам) мм;

$2z_{\min i}$, $2z_{\max i}$ – предельные (округленные) в сторону увеличения, согласно

степени точности припуска на операцию (переход), мм.

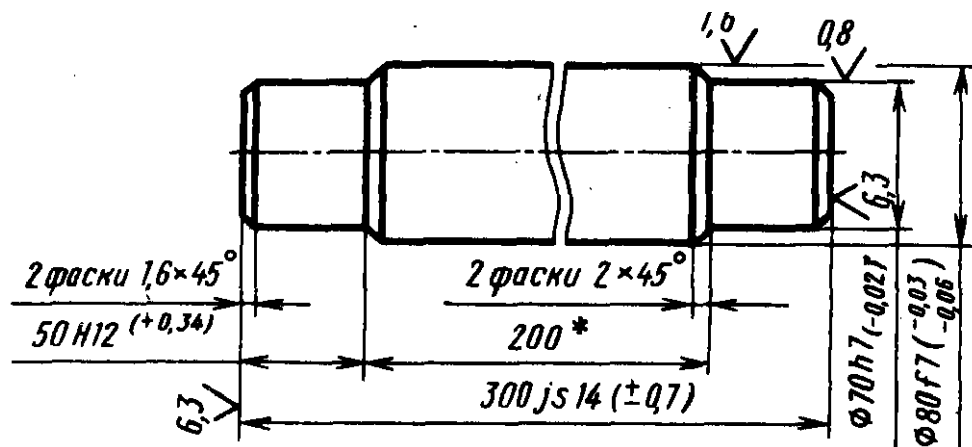
По максимальным предельным размерам заготовки выбирают ближайшие размеры проката согласно стандарту по сортаменту. Действительный общий припуск на обработку детали

$$2z_{o \min} = D_{np} - D_{д \min},$$

где D_{np} – диаметр проката по стандарту, мм.

Пример 9.1.

Определить промежуточные припуски и промежуточные размеры при обработке поверхности вала диаметром $80f7$ (${}_{-0.06}^{-0.03}$), согласно рабочему чертежу (рис. 4).



1. HRC_3 , 41...45
2. Неуказанная шероховатость поверхностей $Ra=12,5$ μm
- 3 * Размер для справки

Рис. 9.1 Вал

Исходная заготовка – горячекатаный прокат обычной точности B .

После отрезки заготовка правится и центрируется. Тип производства – массовый.

Решение.

В данном типе производства токарную обработку вала можно выполнить на токарном многолезцовом полуавтомате. Заготовка устанавливается в центрах. Шлифовальная обработка выполняется на круглошлифовальной станке. Заготовка устанавливается в жестких центрах.

Составляется технологический маршрут обработки поверхности

Операция 005. Токарная (черновая обработка);

Операция 010. Токарная (чистовая обработка);

Операция 015. Шлифовальная.

Для наглядности и простоты определения промежуточных припусков и промежуточных размеров составляем таблицу (см. табл. 9.1).

Допуски на изготовление детали выбираются по таблицам: для заготовок из проката по ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый, ГОСТ 2591-2006 «Прокат сортовой стальной горячекатаный квадратный. Сортамент», ГОСТ 2879-2006 «Прокат сортовой стальной горячекатаный шестигранный. Сортамент», ГОСТ 103-2006 «Прокат сортовой стальной горячека-

таный полосовой. Сортамент»; для заготовок, полученных методом горячей объемной штамповки по ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски; на литые заготовки по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку».

Элементы припусков (R_z и T) назначаем по табл. 9.3 и 9.4 в зависимости от метода обработки поверхностей заготовки и состояния проката.

Таблица 9.3 – Качество наружной поверхности горячекатаного проката

Диаметр, мм	Повышенная точность, мкм		Обычная точность, мкм	
	R_z	T	R_z	T
До 25	100	100	150	150
25-75	100	150	150	250
75-150	150	200	200	300
150-250	250	300	300	400

Таблица 9.4 Точность и качество поверхности заготовок из проката после механической обработки

Способ обработки	Технологический переход	Квалитет	Высота неровностей R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм
Обработка наружных поверхностей				
Обтачивание горячекатаного проката (обычной и повышенной точности), калиброванного проката 12-го качества точности	Обдирка	14	120	120
	Черновое	12	60	60
	Чистовое или однократное	11-10	30-20	30
	Тонкое	9-8	6	-
Шлифование в центрах горячекатаного проката 12-го качества точности	Черновое	9	10	20
	Чистовое или однократное	8	6	12
	Тонкое	7-6	3	6-2
Бесцентровое шлифование калиброванных прутков 8-го и 10-го качества	После термообработки (тонкое)	6-5	3-0,8	-
	До термообработки (чистовое)	7	6	12
Обработка торцовых поверхностей				
Подрезание	Черновое	13	50	50

	Чистовое	11	30	30
Шлифование	Однократное	6	5-10	-

Расчетный минимальный припуск на черновую обработку поверхности определяем по формуле (9.2), а параметры припусков выбираем по табл. 9.5.

Для определения элементов припуска ρ_0 и ε_y определим отклонения расположения (местное) заготовки $\rho_{ом}$ в зависимости от крепления детали

$$\rho_{ом} = 2\Delta_y \cdot L_K = 2 \cdot 0,07 \cdot 150 = 21 \text{ мкм.}$$

Величину удельного отклонения расположения Δ_y выбирают по табл. 9.6:

$$\Delta_y = 0,07 \text{ мкм/мм.}$$

Расстояние L_K от сечения, для которого определяется кривизна, до места опоры при установке в центрах определяется из соотношения $L_K \leq 0,5L = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ мм}$, L – общая длина заготовки в мм, $L=300 \text{ мм}$.

Величина отклонения расположения заготовки центровки

$$\rho_u = 0,25 \sqrt{\delta_s^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{1,80^2 + 1} = 0,52 \text{ мм,}$$

где δ_s – допуск на диаметр базовой поверхности заготовки, использованный при центровке, мм, $\delta_s = 1,80 \text{ мм}$.

Суммарное отклонение расположения определяем на черновую обработку по формуле

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_u^2} = \sqrt{21^2 + 250^2} = 520,4 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при базировании в центрах заготовки определяем по формуле

$$\varepsilon_y = 0,25 \cdot \delta_s = 0,25 \cdot 1800 = 450 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск на черновую обработку

$$2z_{\min} = 2 \cdot (R_z + T + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_y^2}) = 2 \cdot (200 + 300 + \sqrt{520,4^2 + 450^2}) = 2376 \text{ мкм.}$$

Максимальный припуск на черновую обработку поверхности детали определяем по формуле

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{Dn} - \delta_{De} = 2376 + 1800 - 460 = 3716 \text{ мкм}$$

Величину остаточного суммарного расположения заготовки после выполнения черновой обработки определим по формуле

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 520,4 = 31,2 \text{ мкм.}$$

Величина погрешности установки при чистовой обработке поверхности заготовки

$$\varepsilon_{yc} = 0,06 \cdot \varepsilon_y = 0,06 \cdot 450 = 27 \text{ мкм.}$$

При последующей обработке поверхности детали погрешности установки из-за малости ее величины в расчет не принимаем.

Расчетный минимальный и максимальный припуски на чистовую обработку поверхности детали определим по формулам

$$2z_{\min} = 2 \cdot (R_z + T + \sqrt{\rho_{ост}^2 + \varepsilon_{yc}^2}) = 2 \cdot (60 + 60 + \sqrt{31,2^2 + 27^2}) = 322,5 \text{ мкм;}$$

$$2 z_{\max} = 2 \cdot (322,5 + 460 - 70) = 1425 \text{ мкм.}$$

Расчетный минимальный и максимальный припуски на шлифовальную обработку поверхности составит

$$2 z_{\min} = 2(6 + 12) = 36 \text{ мкм};$$

$$2 z_{\max} = 2 \cdot (36 + 70 - 30) = 152 \text{ мкм.}$$

Промежуточные расчетные размеры по обрабатываемым поверхностям определим по формуле:

для чистовой токарной обработки

$$D_{\min} = D_{\min} + 2 z_{\min \text{ ит}} = 80 + 0,036 = 80,036 \text{ мм};$$

для черновой токарной обработки

$$D_{\text{р. черн}} = D_{\text{р. чист}} + 2 z_{\min \text{ чист}} = 80,036 + 0,323 = 80,359 \text{ мм};$$

для заготовки детали

$$D_{\text{р. з.}} = D_{\text{р. черн}} + 2 z_{\min} = 80,359 + 2,4 = 82,759 \text{ мм.}$$

Промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов), вычитания (для отверстий) значений припусков по максимальным и минимальным значениям, начиная действия с размеров детали.

Минимальные промежуточные размеры

$$D_{\text{чист}} = D_{\text{д}} + 2 z_{\min \text{ ит}} = 79,94 + 0,04 = 79,98 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{ чист}} = D_{\text{чист}} + 2 z_{\min \text{ чист}} = 79,98 + 0,30 = 80,28 \text{ мм};$$

$$D_{\text{ит з}} = D_{\text{черн}} + 2 z_{\min \text{ черн}} = 80,28 + 2,4 = 82,68 \text{ мм.}$$

Максимальные предельные промежуточные размеры

$$D_{\max \text{ чист}} = D_{\max} + 2 z_{\max \text{ ит}} = 79,97 + 0,15 = 80,12 \text{ мм};$$

$$D_{\max \text{ черн}} = D_{\max} + 2 z_{\max \text{ чист}} = 80,12 + 1,40 = 81,28 \text{ мм};$$

$$D_{\max \text{ з}} = D_{\max} + 2 z_{\max \text{ черн}} = 81,28 + 3,70 = 84,98 \text{ мм.}$$

Таблица 9.5

Промежуточные припуски на обработку наружных цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр, мм	Операция	Припуск на диаметр при расчетной длине								
		До 25	25-63	63-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600
До 6	Точение черновое	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	-	-	-
	Точение чистовое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	-	-	-
	Шлифование	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,30	0,3/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/-	-
6-10	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	-
	Шлифование	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,40	0,3/0,4	0,4/0,4	-	-	-
10-18	Точение черновое	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	4,0	-	-
	Точение чистовое	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	-
	Шлифование	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,4	0,3/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	0,4	0,5
18-30	Точение черновое	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0	5,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
	Шлифование	0,3/0,4	0,3/0,4	0,3/0,4	0,3/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	0,5/0,5	0,5/0,6	0,6/0,7
30-50	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5

	Шлифование	0,4/0,4	0,4/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	0,4/0,5	0,5/0,6	0,5/0,7	0,7/0,8
50-80	Точение черновое	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	Точение чистовое	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
	Шлифование	0,4/0,4	0,4/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	0,4/0,5	0,5/0,5	0,5/0,6	0,6/0,7	0,7/0,9
80-120	Точение черновое	5,5	5,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5	8,5	8,5
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0
	Шлифование	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,6	0,5/0,6	0,5/0,7	0,6/0,7	0,6/0,8	0,8/0,9
120-200	Точение черновое	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	8,0	9,0
	Точение чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5
	Шлифование	0,5/0,5	0,5/0,5	0,5/0,5	0,6/0,7	0,6/0,7	0,6/0,8	0,6/0,8	0,7/0,9	0,8/1,0

Примечания:

1. В числителе даны припуски для незакаленных деталей, в знаменателе — для закаленных.
2. При обработке с уступами припуск назначается по отношению к общей длине детали.
3. При закаливании деталей, изготовленных из сталей, подверженных значительным термическим деформациям (например, из стали 45), припуски под шлифование следует увеличивать

Удельное отклонение расположения горячекатаного проката

Вид правки	Удельное отклонение расположения Δ_y , мкм/мм, при диаметре проката, мм			
	До 30	30-50	50-80	80-150
Без правки в печах	2,0	1,30	1,30	0,6-1,30
Токами высокой частоты (ТВЧ)	1,0	0,65	0,65	0,3-0,15
На прессах	0,15	0,12	0,10	0,07-0,05

По максимальным размерам заготовки выбирается диаметр проката по ГОСТ 2590-2006. Диаметр проката 85 мм.

После всех расчетов промежуточных припусков промежуточных размеров и установление на размеры допусков разрабатывается схема расположения полей припусков и допусков по обрабатываемой поверхности.

9.1.2 Расчет припусков при изготовлении деталей методом штамповки

Расчет промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученной методом горячей объемной штамповки на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах, производят по той же методике, как и на прокат.

Суммарные отклонения расположения штампованной заготовки при обработке в патроне:

- для наружной поверхности

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_{деф}^2},$$

где $\rho_{ом}$ – отклонения расположения заготовки, штампуемых в различных положениях штампа, мм;

$\rho_{деф}$ – деформация заготовки, мм;

- для отверстий

$$\rho = \sqrt{\rho_{деф}^2 + \rho_{экс}^2},$$

где $\rho_{экс}$ – эксцентricность отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм.

Определение величины отклонения расположения (местная или общая) заготовки производят, как и для заготовок из проката.

Качество поверхностей штампованных и литых соответственно заготовок выбирают по табл. 9.7 и 9.8, 9.9. Точность качества поверхности детали после механической обработки штампованных заготовок выбирают по табл. 9.10.

Таблица 9.7 – Качество поверхности штампованных заготовок

Масса заготовки, кг	Высота неровностей, R_z , мкм	Дефектный слой, T , мкм	Масса заготовки, кг	Высота неровностей, R_z , мкм	Дефектный слой, T , мкм
До 0,25	80	150	25-40	320	300
0,25-4,00	60	200	40-100	350	350
4,00-25	240	250	100-200	400	400

Таблица 9.8 – Точность и качество поверхности заготовок, получаемых литьем в земляные формы (машинная формовка)

Размер заготовки, мм	Высота неровностей и дефектный слой ($R_z + T$) (мкм) в зависимости от группы точности отливок для различных материалов					
	Чугун	Сталь	Цветные сплавы	Чугун	Сталь	Цветные сплавы
	I			II		
До 1250	600	500	400	800	600	500
1250-3150	800	700	-	1000	800	-

Таблица 9.9 – Отливки, получаемые специальными способами

Способ литья	Квалитет	Высота неровностей, R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм		
			Чугун	Сталь	Цветные сплавы
В кокиль и центробежное	7-8	200	300	200	100
В оболочковые формы	11-12	40	260	160	100
По выплавляемым моделям	11-12	30	170	100	60

Таблица 9.10 – Точность и качество поверхности штампованных заготовок после механической обработки

Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей, R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм	Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей, R_z , мкм	Дефектный слой T , мкм
Наружные поверхности вращения				Торцовые поверхности			
Валы ступенчатые							
<i>Точение</i>				<i>Точение, подрезание</i>			
одно-кратное	11-13	30	30	черновое	12-13	50	50
черновое	13	50	50	чистовое	11	30	30
чистовое	11	25	25				

Шлифование				Фрезерование			
черновое	8-9	10	20	Фрезерование	14	100	100
чистовое	7-8	5	15				
Шестерни одно- и многовенцовые							
Точение				Подрезание			
одно-кратное	10-13	30	30	одно-кратное	10	30	30
черновое	14	100	100	черновое	14	100	100
получистовое	12-13	50	50	получистовое	12	50	50
чистовое	10-11	25	25	чистовое	10	25	25

Погрешность закрепления ε , заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на кривошипных прессах и молотах, выбирают по таблице (см. табл. 9.11).

Таблица 9.11

Погрешность закрепления ε , мкм

Метод получения заготовки	Диаметр закрепляемой поверхности D , мм, при смещении							
	радиальном				осевом			
	До 50	50-120	120-260	260-500	До 50	50-120	120-260	260-500
Литье								
в земляную форму машинной формовки	300	400	500	600	100	120	150	200
в оболочковые формы	100	150	200	250	50	80	100	120
в постоянную форму	200	300	400	500	80	100	120	150
Горячая штамповка								
на молотах	300	400	500	600	100	120	150	200
на кривошипных прессах	200	300	400	500	80	100	120	150

9.1.3 Расчет припусков при изготовлении деталей методом литья

Определение промежуточных припусков и допусков на заготовку, полученную методом литья, производится так же, как и на штампованные заготовки или на сортовой прокат.

Суммарное значение отклонений при базировании литых заготовок на отверстие

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{oc}^2 + \rho_{деф}^2},$$

где ρ_{oc} – величина отклонения стержня при формовании, мкм;

$\rho_{деф}$ – величина деформации литой заготовки, мм.

Деформация литых заготовок

$$\rho_{деф} = \Delta_{деф.у.} \cdot L_з,$$

где $\Delta_{деф.у.}$ – величина удельной деформации литых заготовок, мкм/мм;

$L_з$ – общая длина заготовки, мм.

Величину удельной деформации отливок $\Delta_{деф.у.}$ для корпусных деталей принимают 0,7...1,0 мкм/мм, а для деталей типа плит 0,7...3,0 мкм/мм на наибольший размер отливки.

Величину отклонения стержня при формовании ρ_0 принимают равным допуску на номинальный размер по ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку» в зависимости от точности изготовления заготовки.

Суммарное значение отклонений ρ_0 при базировании литых заготовок на плоскую поверхность равно величине деформации $\rho_{деф}$ литой заготовки.

Точность и качество наружных и внутренних (отверстий) поверхностей детали после механической обработки литых заготовок выбирают по табл. 9.12 и 9.13.

Таблица 9.12

Точность и качество поверхности детали после механической обработки литых заготовок

Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей, Rz, мкм	Дефектный слой T, мкм	Способ обработки	Квалитет	Высота неровностей, Rz, мкм	Дефектный слой T, мкм
Литье в оболочковые формы				Литье по выплавляемым моделям и под давлением			
Точение, фрезерование, строгание:				Точение, фрезерование, строгание:			
однократное	11	25	25	однократное	10	15	20
черновое	11	20	20	тонкое	7	-	-
чистовое	10	10	10				
тонкое	7	-	-				
Отливки, полученные в земляные формы				Специальное литье, литье в кокиль и центробежное			
Точение, фрезерование, строгание:				Точение, фрезерование, строгание:			
однократное	12	30	30	однократное	11	25	25
черновое	14	100	100	черновое	12	50	50

полу- чистовое	12	50	50	чистовое	10	20	20
чистовое	10	25	25	тонкое	7	-	-
тонкое	9	-	-	Все виды литья			
Шлифование				Шлифование			
одно- кратное	7	-	-	одно- кратное	7	-	-
черновое	9	10	20	черновое	9	10	20
чистовое	6	5	12	чистовое	6	5	15
тонкое	5	-	-	тонкое	5	-	-

Таблица 9.13

Точность и качество поверхности при механической обработке отверстий

Способ обра- ботки	Диаметр от- верстия, мм	Квалитет	Высота не- ровностей, <i>Rz</i> , мкм	Дефектный слой <i>T</i> , мкм
<i>Сверление</i>	3-6	12-14	20	40
	6-10		40	50
	10-18		40	60
	18-50		50	70
<i>Зенкерование</i>				
черновое	18-30	11-12	50	40
	30-80		50	50
получистовое	До 80	10-11	30	40
чистовое	До 30	9	30	30
	30-80	10		
<i>Растачивание</i>				
черновое	50-260	12-13	50	50
чистовое		10	20	25
<i>Развертывание</i>				
предварительное		9	10	20
окончательное	6-80	7-8	5	10
<i>Шлифование</i>	до 80	7-8	-	-
<i>Протягивание</i>	10-80	8	4	6
<i>Калибрование шариком или оправкой</i>	6-80	7	0,6	-

10 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Расчет режимов резания начинают со знакомства с приведенными в пособии чертежами заготовки и детали. Следует рассмотреть, в какой последовательности будет выполняться обработка поверхностей. С этой целью составляют маршрутную технологию обработки (см. п. 8), т.е. перечисляют последовательность операций и переходов при этой обработке.

Если согласно маршрутной технологии вначале выполняют сверление, потом растачивание и шлифование указанной поверхности, то и расчет режимов резания проводят в той же последовательности. С учетом размеров обрабатываемой и обработанной поверхностей определяют общий припуск и решают задачу о его распределении между операциями. Припуски на обработку левого и правого торцов детали принимают равными, т.е. они равны в отдельности половине разности длин заготовки и детали.

Расчет режимов резания точения, сверления и фрезерования во многом сходен. В этой связи наиболее полно рассмотрена последовательность расчета на примере точения и шлифования и более узко для остальных видов обработки. Следует иметь в виду, что размерность скорости резания для всех видов обработки, помимо шлифования, при расчетах получают в м/мин. Это объясняется тем, что вся справочная литература по расчету режимов резания использует такую же размерность.

Непосредственно перед расчетом выбирают модель станка, на котором предусмотрена обработка.

Расчет режимов резания и оформление маршрутной карты производится в соответствии с [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

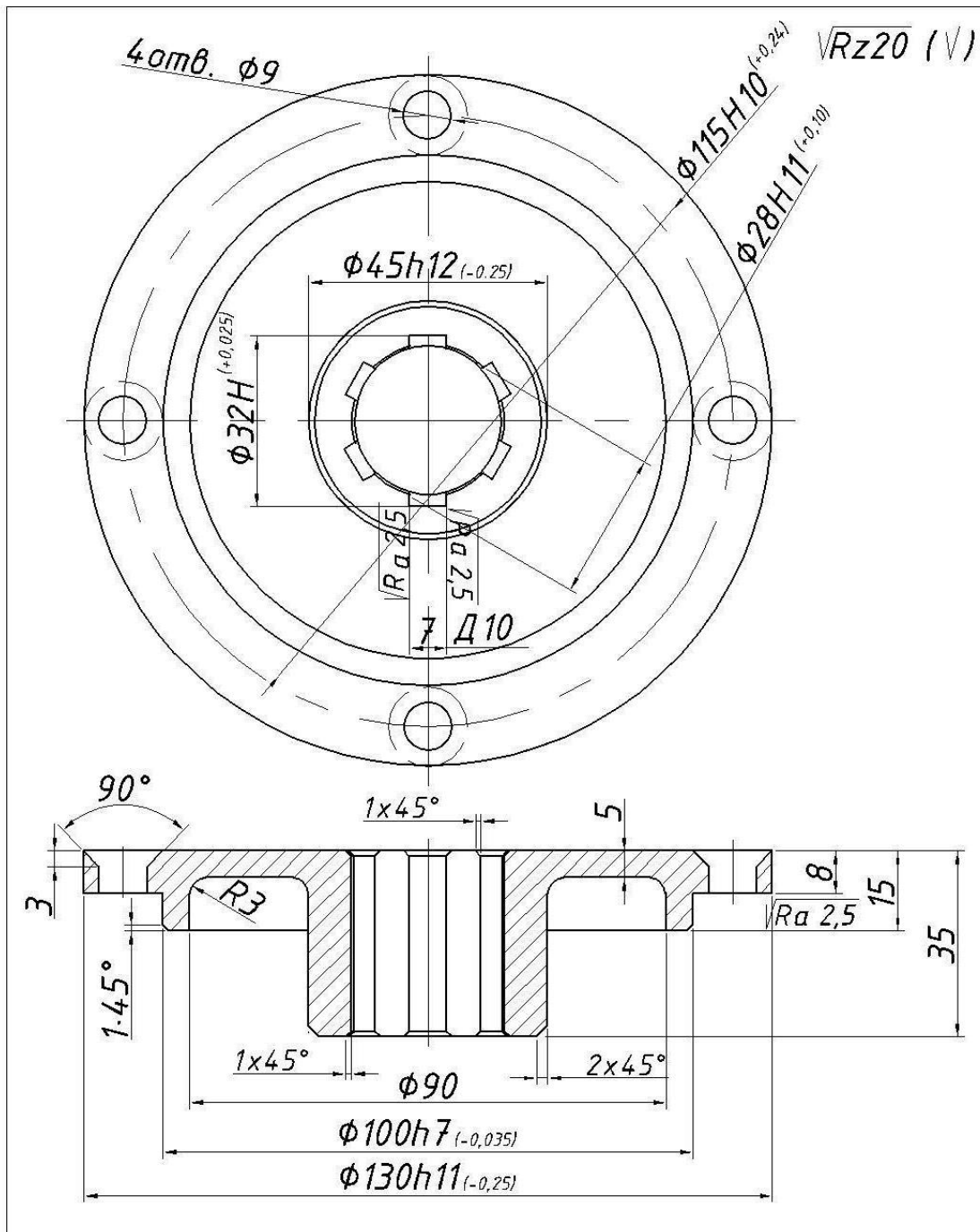
1 Технология машиностроения : сборник задач и упражнений : учеб. пособие / В.И. Аверченков, О.А. Горленко, В.Б. Ильицкий, Е.А. Польский, А.В. Тотай, В.Ф. Чистов. – М. : Инфра-М, 2010. – 288 с.

2 **Добрыднев, И.С.** Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения» : учеб. пособие / И.С. Добрыднев. – М. : Машиностроение, 1985. – 184 с.

3 Обработка металлов резанием : учеб. пособие к расчетно-графической работе / Ю.В. Бобриков, С.В. Полежаев, Л.А. Кармазина ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2012. – 31 с.

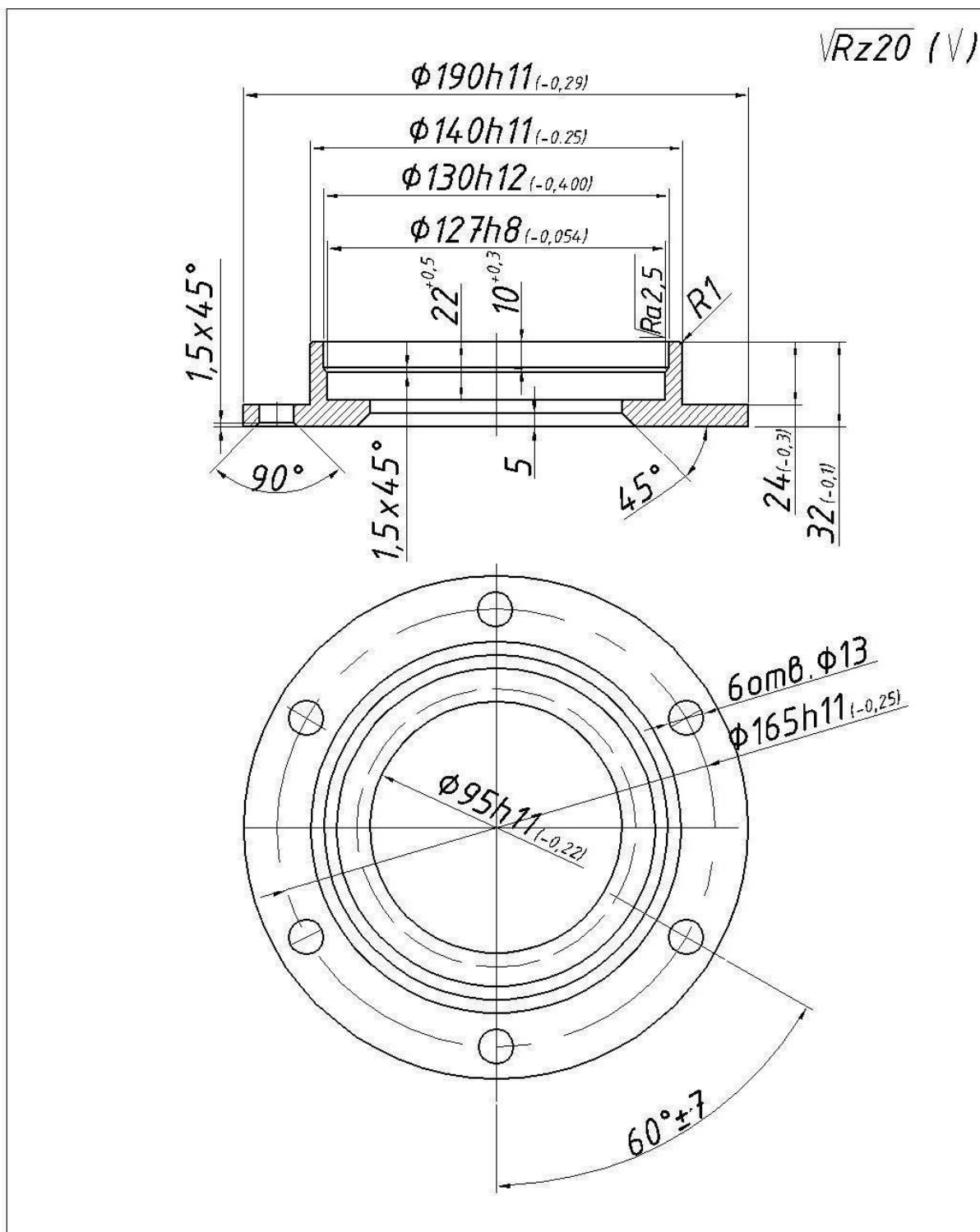
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Вариант № 1. Программа выпуска 5000 штук/год



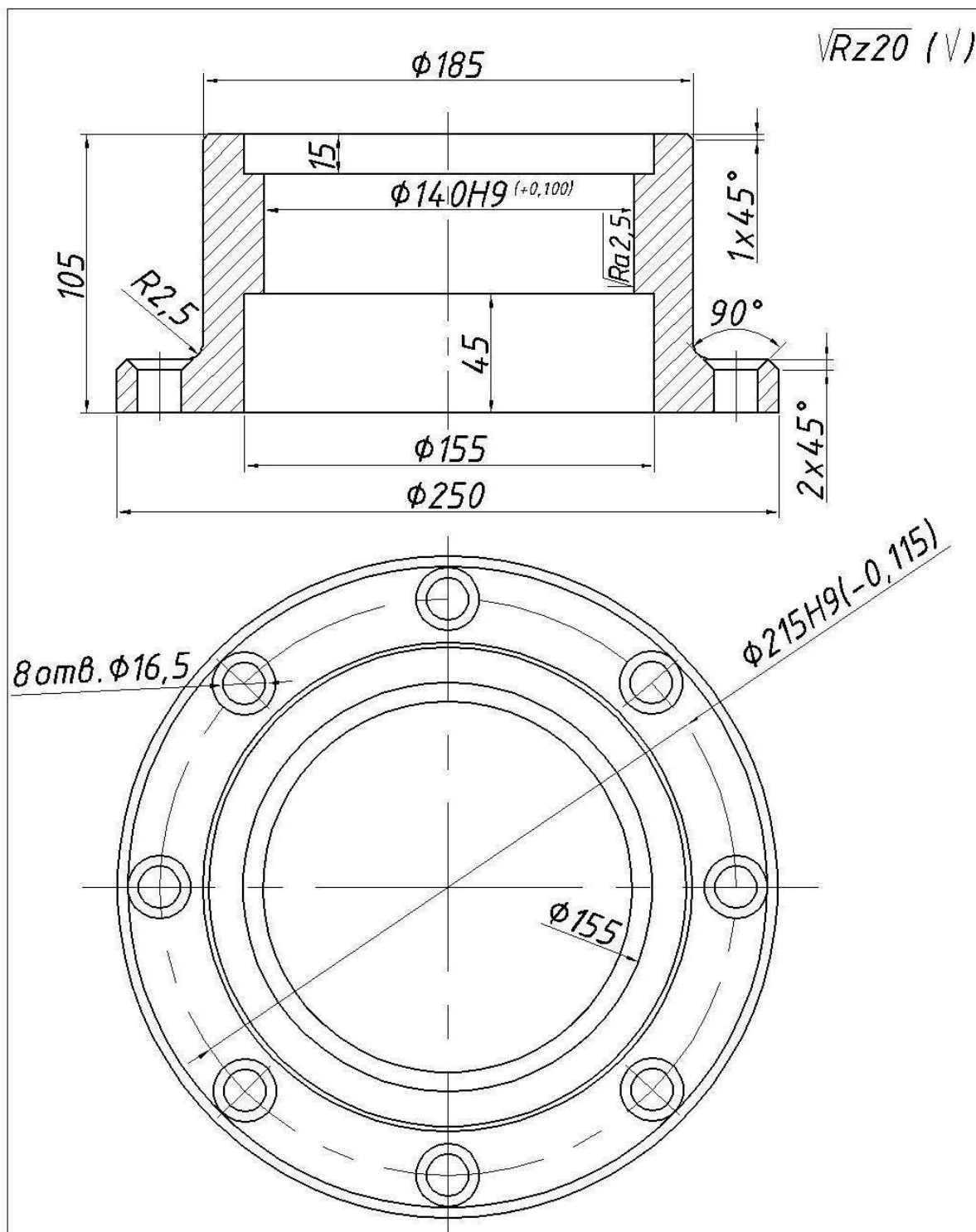
				Вариант 1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литер	Масса	Масштаб
Разраб.							1:1
Проверил							
Т. контр.					Лист	Листов 1	
Н. контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-74		
Утв.							

Вариант № 2. Программа выпуска 2500 штук/год



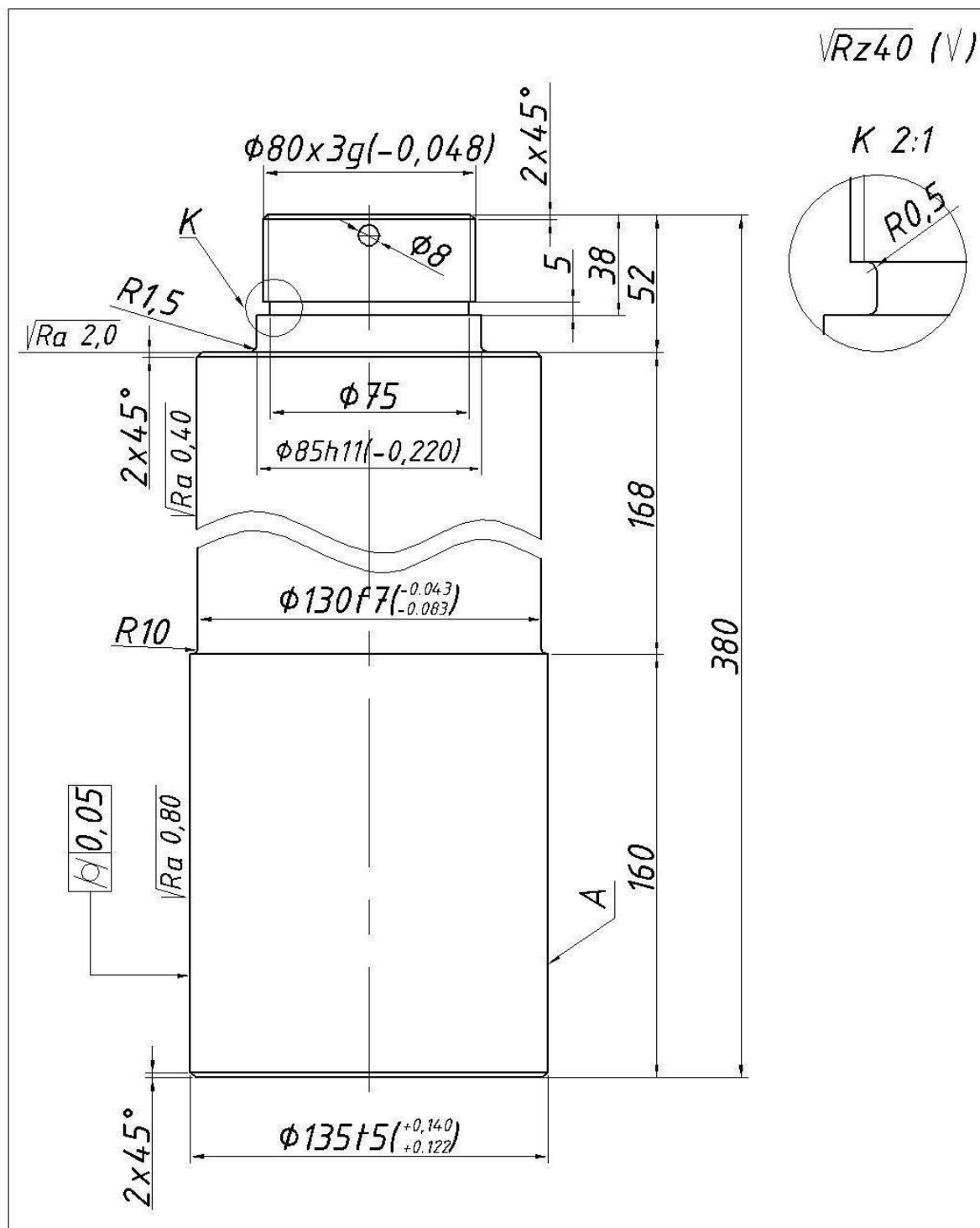
				Вариант 2			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литер	Масса	Масштаб
Разраб.							1:2
Проверил					Лист	Листов 1	
Т. контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-74		
Н. контр.							
Утв.							

Вариант № 4. Программа выпуска 15000 штук/год



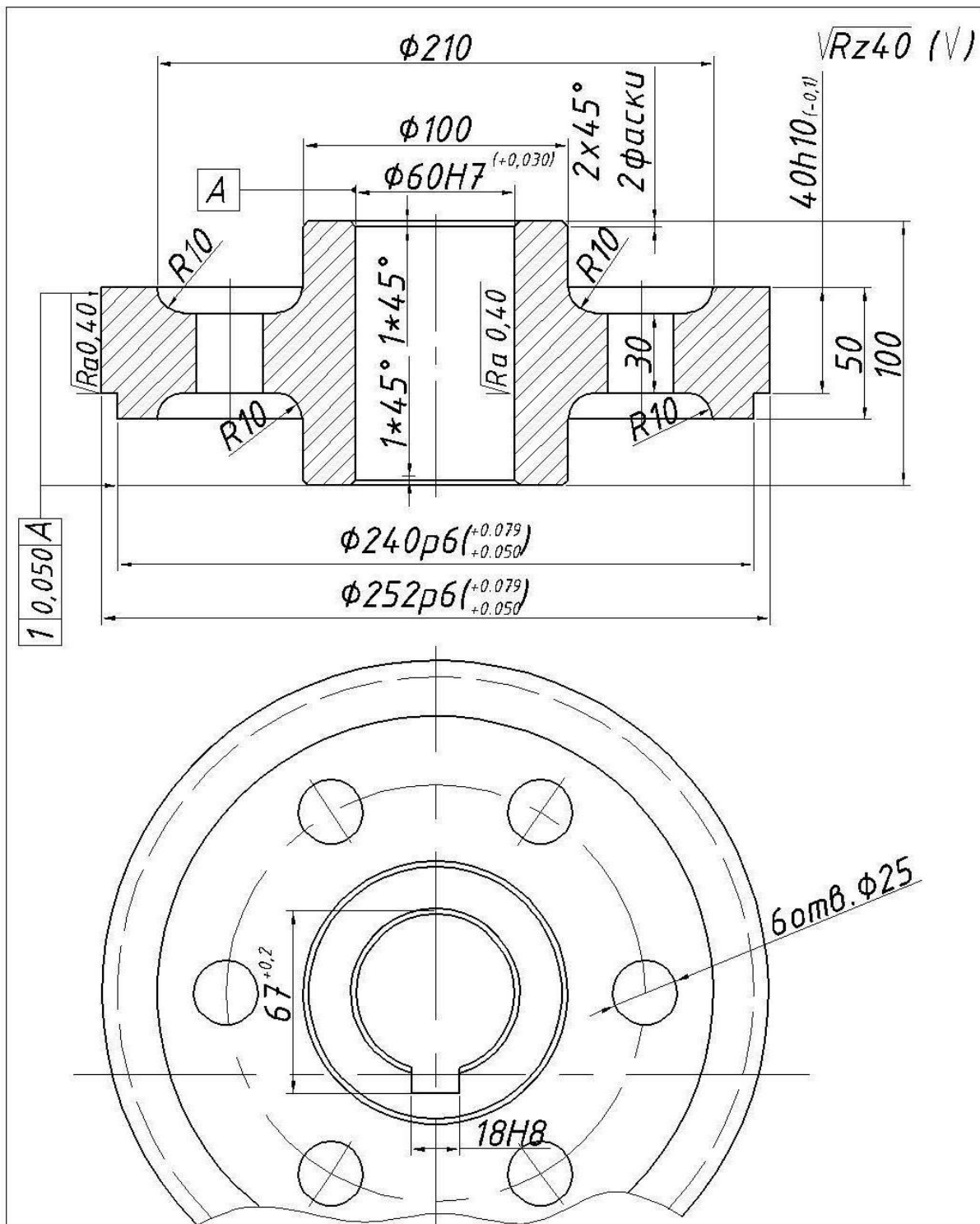
					Вариант 4				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Ступица		Литер	Масса	Масштаб
Разраб.									1:2
Проверил							Лист	Листов 1	
Т. контр.									
Н. контр.					Сталь 55Л ГОСТ 977-75				
Утв.									

Вариант № 6. Программа выпуска 7200 штук/год



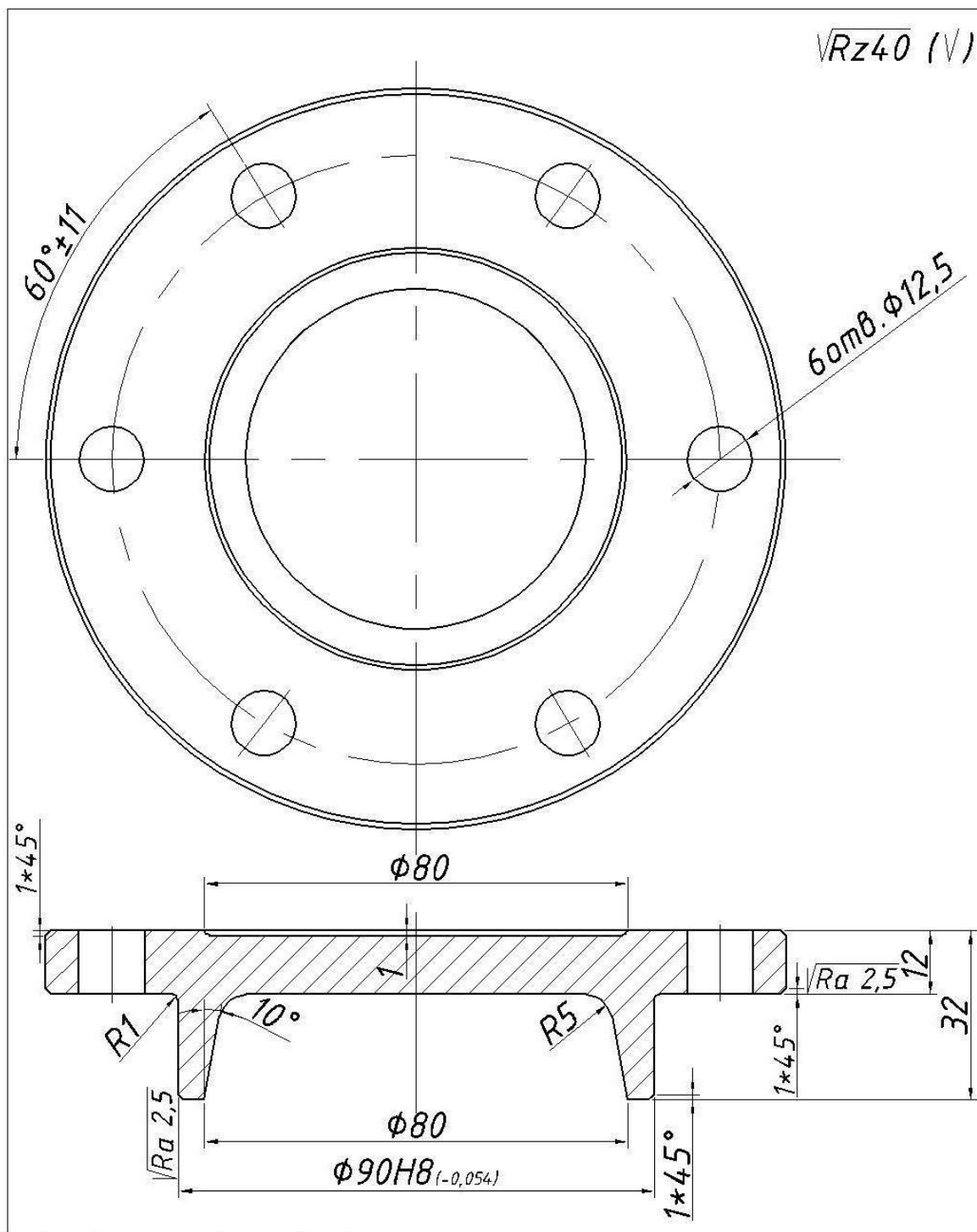
				Вариант 6		
				Литер	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Палец мотыля		1:2
Разраб.						
Проверил						
Т. контр.				Лист	Листов 1	
Н. контр.				Сталь 45 ГОСТ 1050-74		
Утв.						

Вариант № 7. Программа выпуска 8300 штук/год



				Вариант 7		
Изм. Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Центр червячного колеса		Литер
				Масса	Масштаб	
				1:2		
Разраб.				Лист	Листов	1
Проверил						
Т. контр.						
Н. контр.						
Утв.				Ст 3 ГОСТ 380-94		

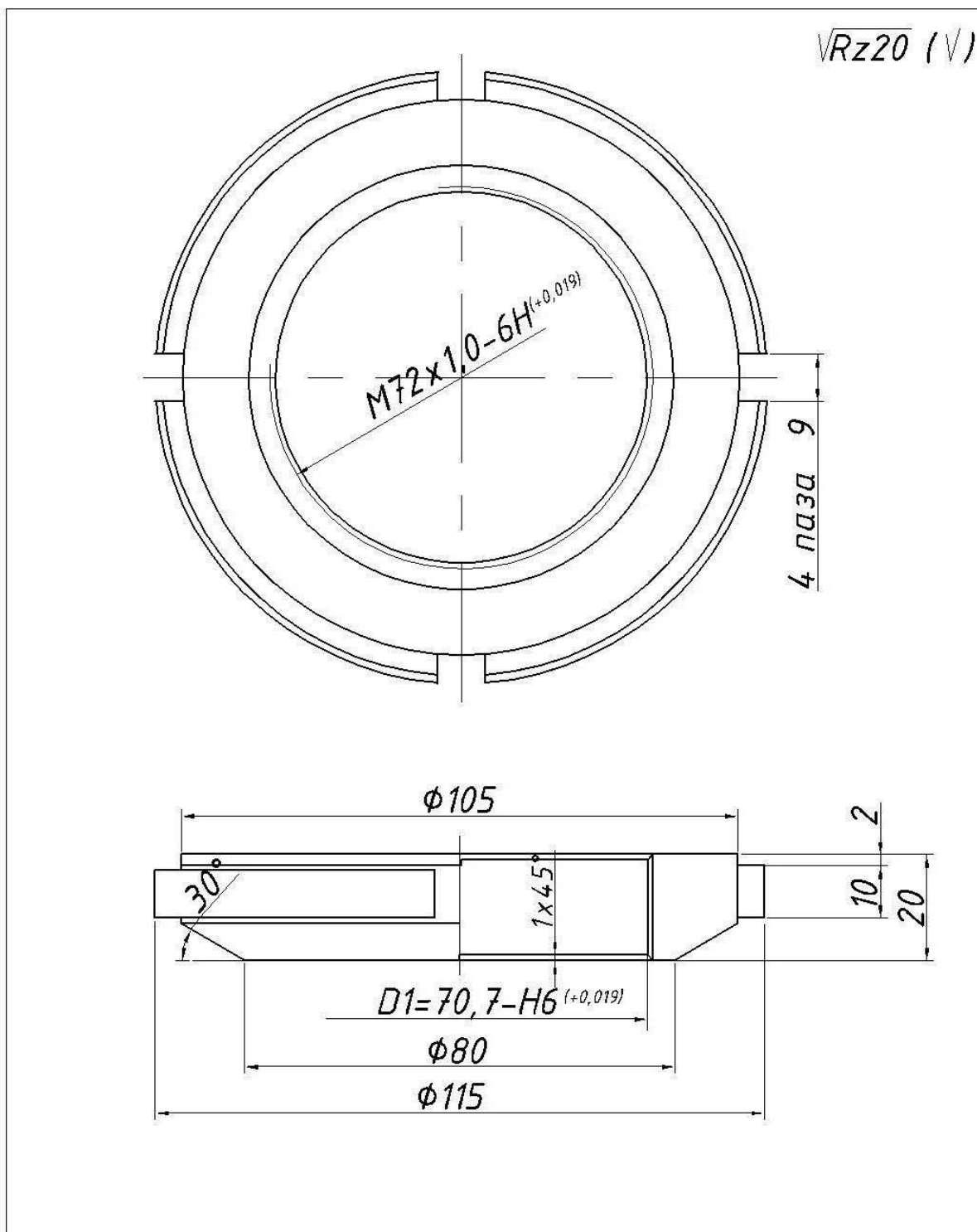
Вариант № 9. Программа выпуска 11000 штук/год



					Вариант 9		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литер	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.							
Проверил							
Т. контр.					Лист	Листов	1
Н. контр.							
Утв.							

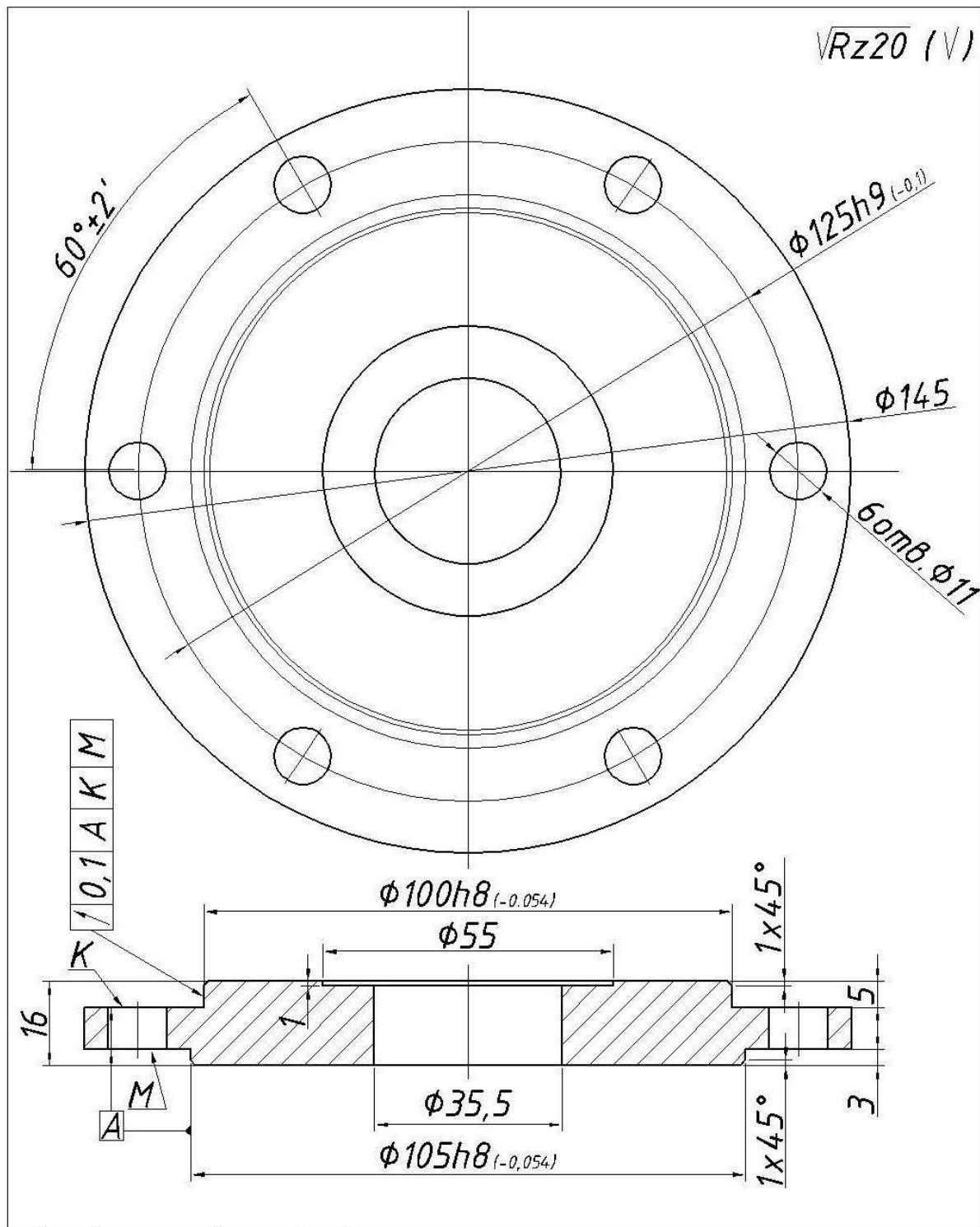
Крышка подшипника

Вариант № 10. Программа выпуска 10000 штук/год



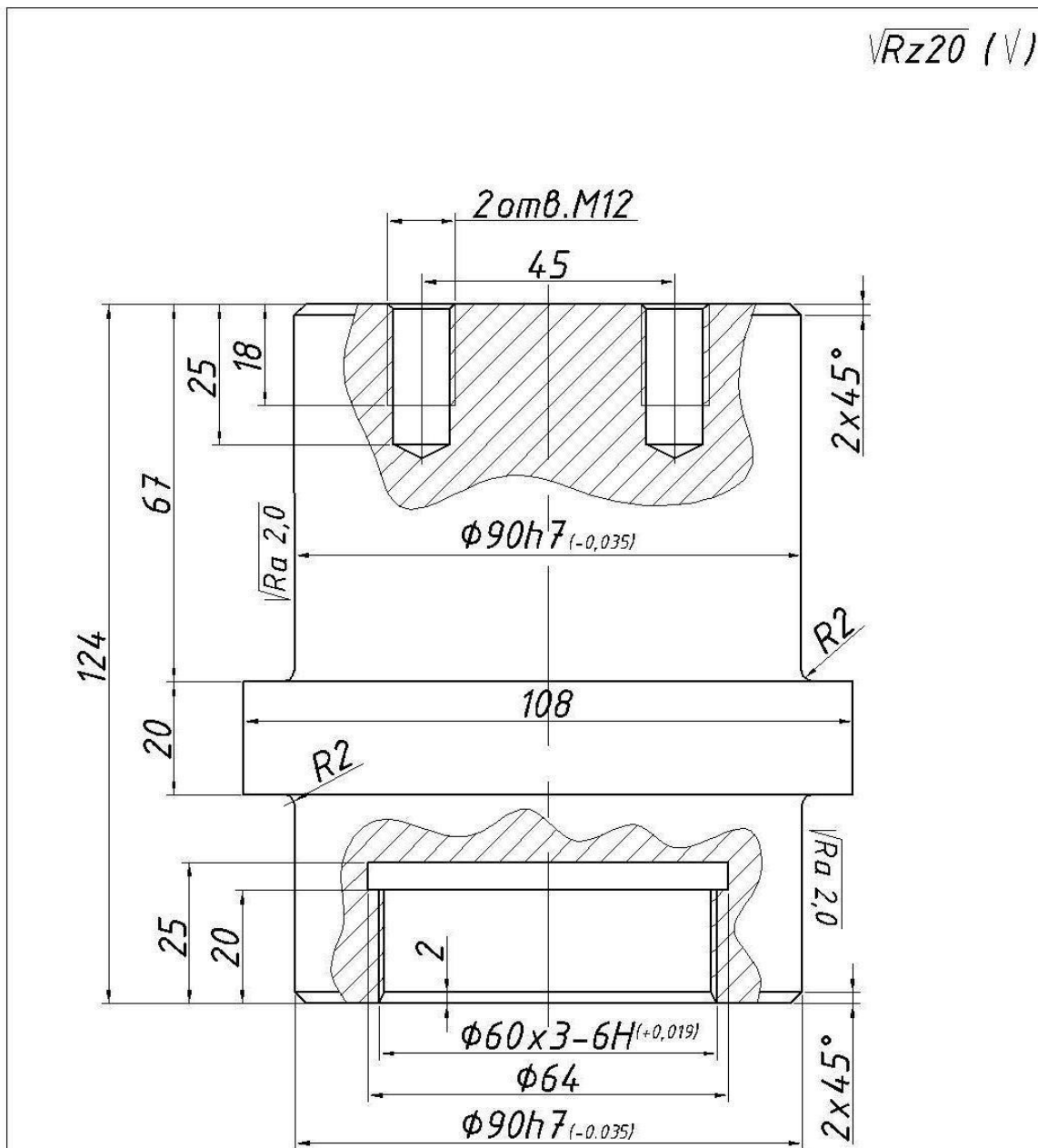
				Вариант 10			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литер	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.							
Проверил							
Т. контр.					Лист	Листов	1
Н. контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-94		
Утв.							

Вариант № 11. Программа выпуска 5200 штук/год



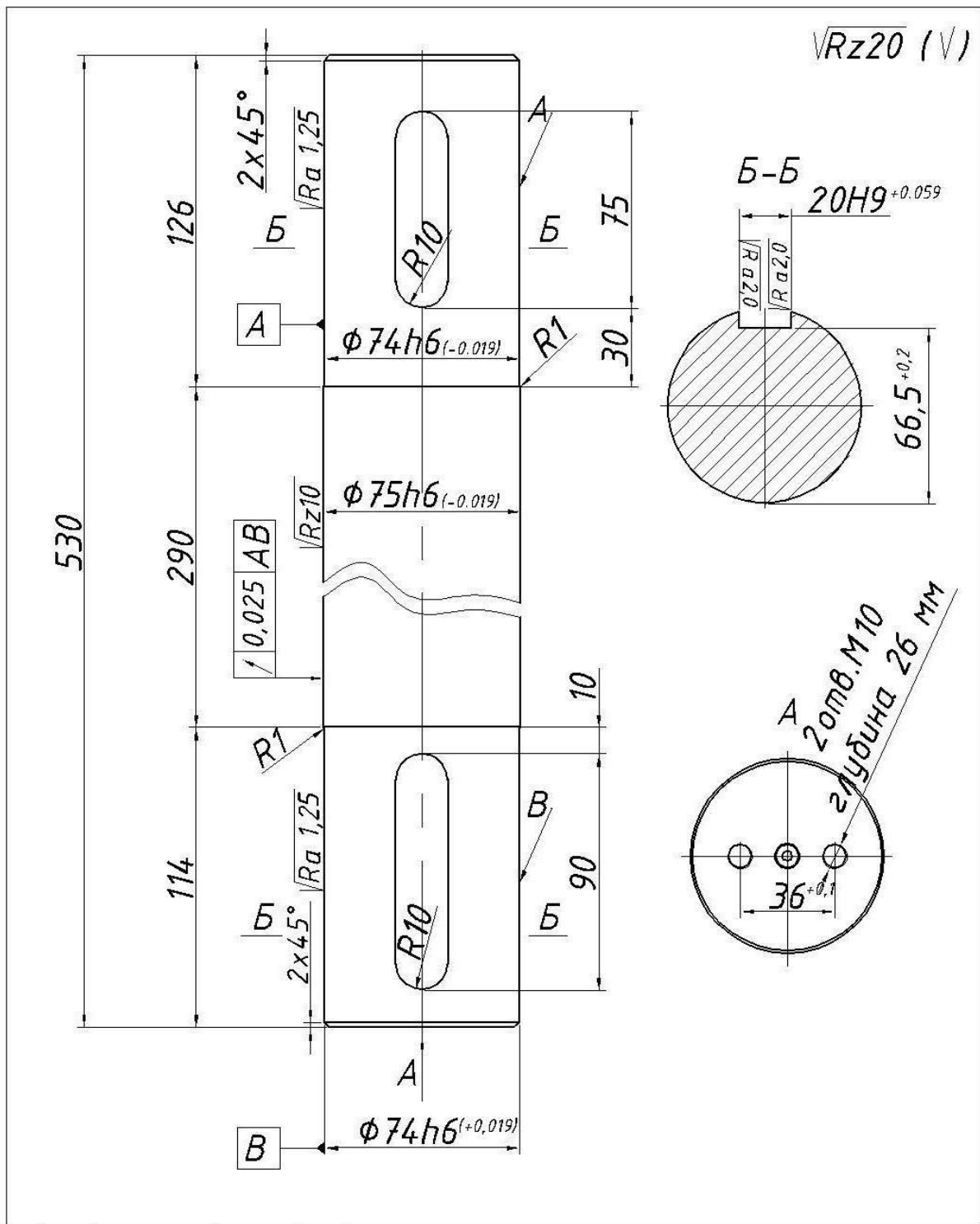
				Вариант 11			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литер	Масса	Масштаб
Разраб.							1:1
Проверил							
Т. контр.					Лист	Листов	1
Н. контр.					Ст 3 ГОСТ 380-94		
Утв.							

Вариант № 12. Программа выпуска 7200 штук/год



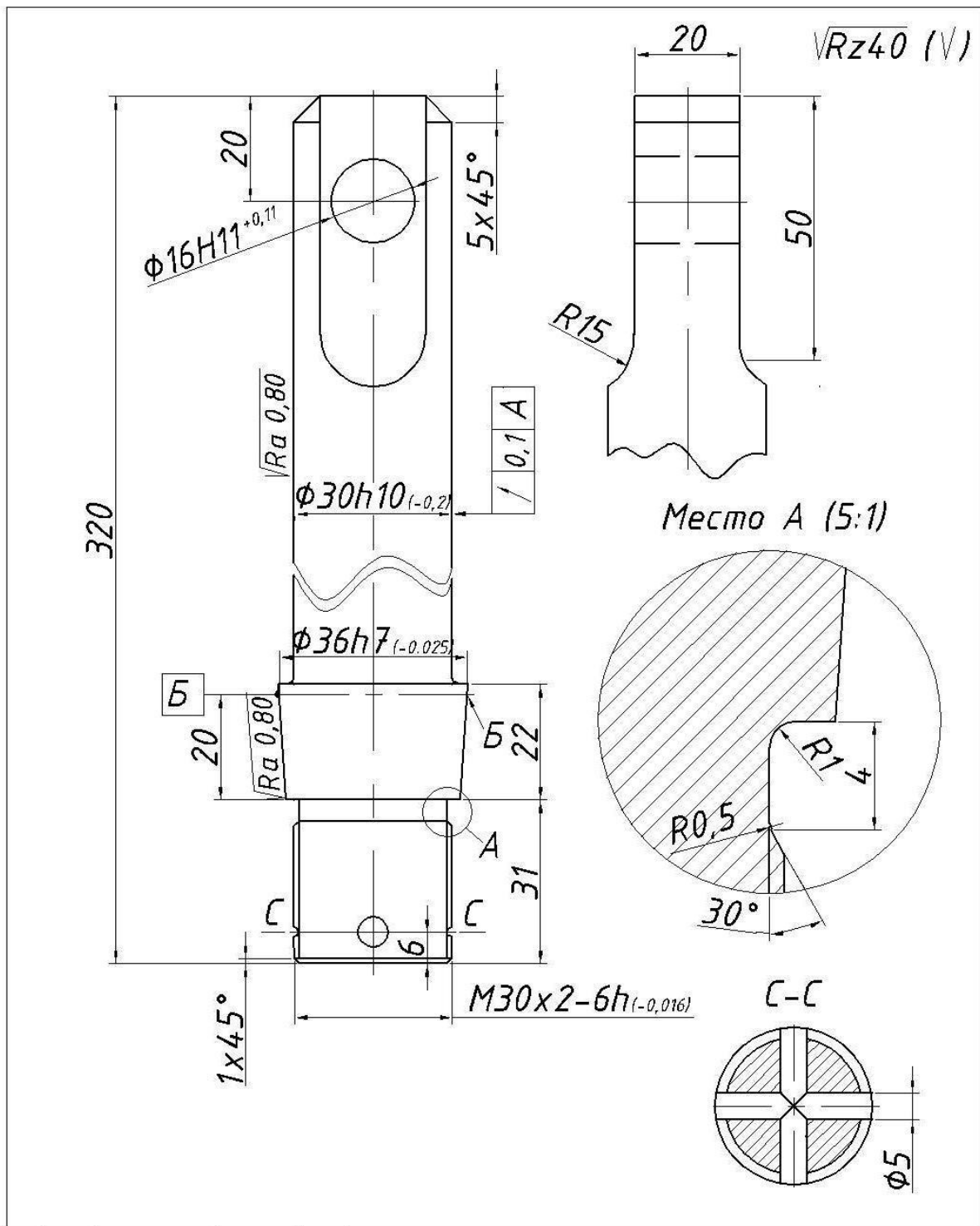
Вариант 12				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.				
Проверил				
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				
Ось				
Сталь 5 ГОСТ 7417-75				
		литер	Масса	Масштаб
				1:1
		лист	листов 1	

Вариант № 13. Программа выпуска 6000 штук/год



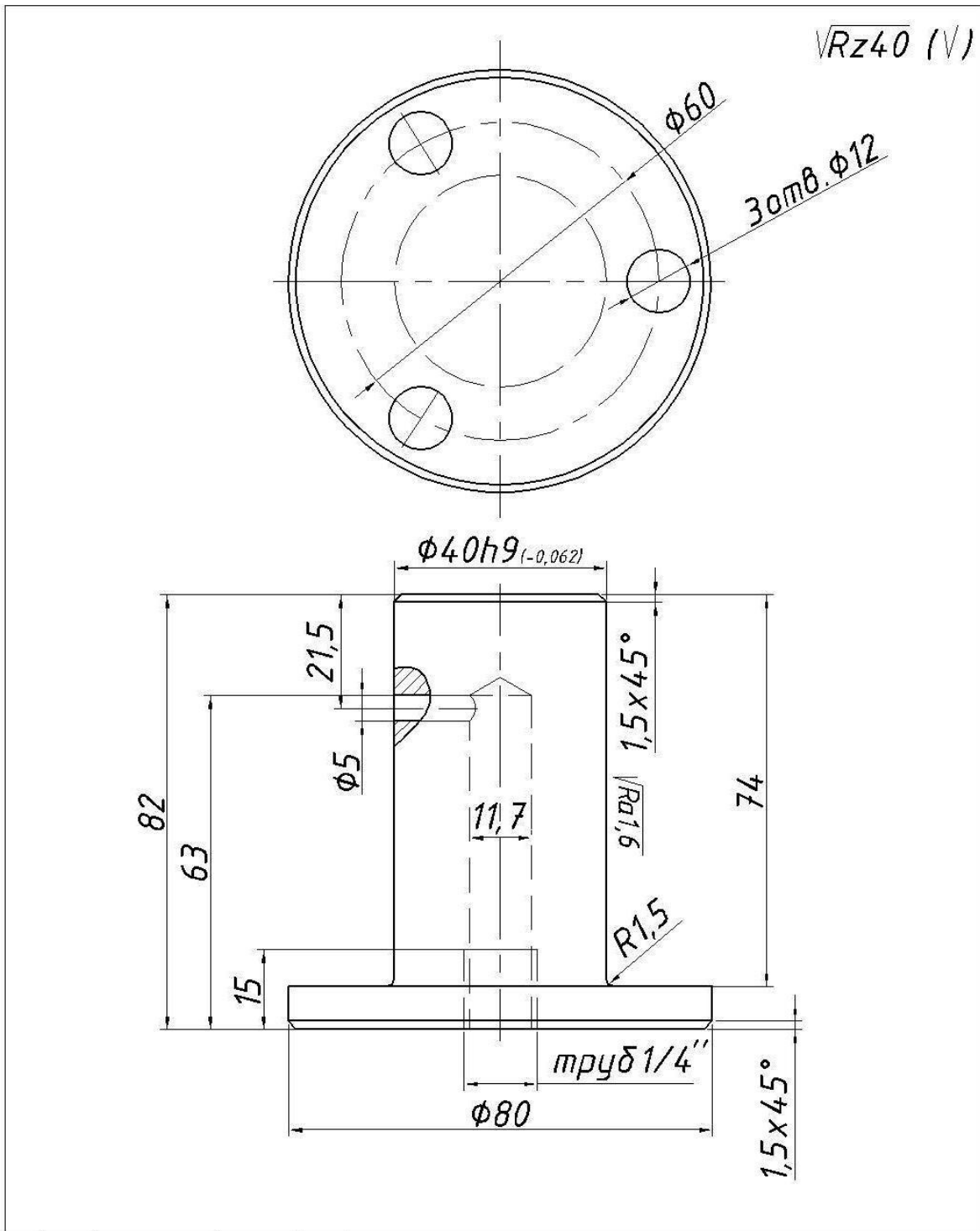
Вариант 13						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.						
Проверил						
Т. контр.						
Н. контр.						
Утв.						
Вал привода				Литер	Масса	Масштаб
						1:2
Ст 5 ГОСТ 7417-75				Лист	Листов 1	

Вариант № 14. Программа выпуска 14000 штук/год



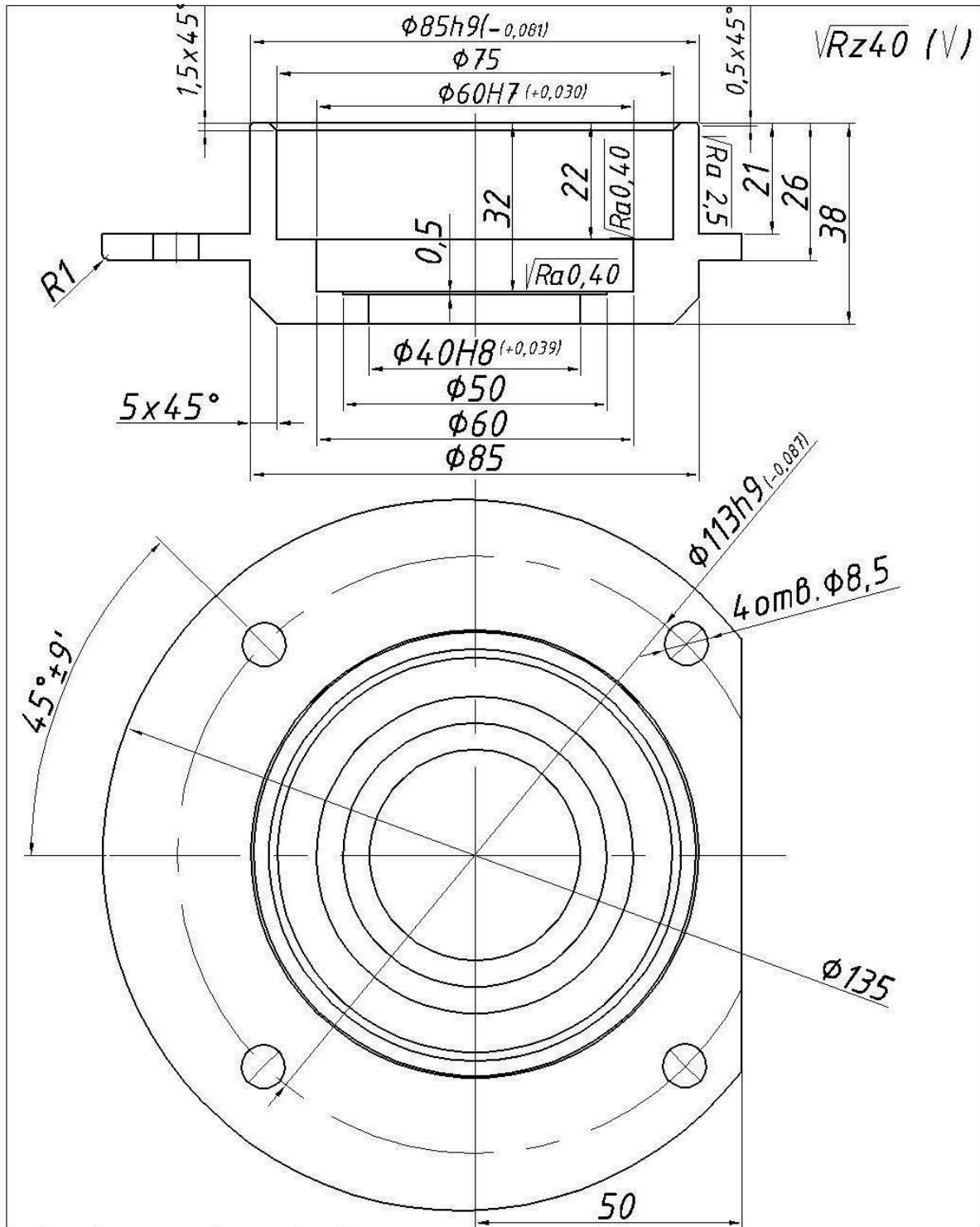
				Вариант 14				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Шток	Литер	Масса	Масштаб
Разраб.								1:1
Проверил								
Т. контр.						Лист	Листов 1	
Н. контр.								
Утв.					Сталь 5 ГОСТ 7417-75			

Вариант № 15. Программа выпуска 11000 штук/год



Вариант 15					Литер	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			1:1
Разраб.							
Проверил							
Т. контр.							
Н. контр.					Лист	Листов	1
Утв.					Ст 45 ГОСТ 1050-74		

Вариант № 16. Программа выпуска 6400 штук/год



				Вариант 16			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Литер	Масса	Масштаб
Разраб.							1:1
Проверил							
Т. контр.					Лист	Листов 1	
Н. контр.					Ст 3 ГОСТ 380-94		
Утв.							

Учебное издание

Даровской Геннадий Викторович

ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 23.10.17. Формат 60×84/16
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 4,39.
Тираж экз. Изд. № 90467. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.