

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

К. Н. Абрамов

# КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский Государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Оренбург  
2011

УДК 621 (075)  
ББК 34.5 я7  
А 16

Рецензент – канд. техн. наук А. И. Сергеев

**Абрамов, К. Н.**  
А 16 Курсовое и дипломное проектирование по технологии машино-  
строения: учебное пособие / К. Н. Абрамов;  
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2011. - 256 с.  
ISBN

В учебном пособии представлены основные методические материалы для курсового проектирования по технологии машиностроения.

Рассматриваются вопросы анализа конструкции детали, отработки ее конструкции на технологичность, выбора технологических баз, определения видов обработки, формирования маршрута обработки детали. Содержатся основные справочные материалы.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

УДК 621 (075)

ББК 34.5 я7

ISBN

© Абрамов К.Н., 2011

© ОГУ, 2011

## Содержание

Введение.....	4
1 Содержание курсового проекта.....	5
2 Анализ конструкции детали и требований к ее изготовлению.....	7
3 Определение типа производства.....	18
4 Отработка конструкции детали на технологичность.....	24
5 Выбор исходной заготовки.....	32
6 Выбор технологических баз.....	50
7 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки.....	60
8 Формирование маршрутного технологического процесса изготовления детали.....	67
9 Выбор средств технологического оснащения операций.....	73
10 Расчет припусков и операционных размеров.....	77
11 Определение режимов резания.....	103
12 Нормирование технологического процесса.....	108
13 Проектирование схем технологических наладок.....	115
14 Оформление технологической документации.....	118
Список использованных источников.....	140
Приложение А Допуски исходных заготовок.....	142
Приложение Б Средняя экономическая точность обработки заготовок, получаемая различными методами.....	160
Приложение В Допуски размеров.....	166
Приложение Г Металлорежущие станки.....	167
Приложение Д Режущий инструмент.....	194
Приложение Е Номинальные припуски на механическую обработку.....	208
Приложение Ж Режимы резания.....	229
Приложение И Данные для определения норм времени.....	244

## Введение

В жизненном цикле изделий машиностроения особое место занимает подготовка производства. Это объясняется ее значительной трудоемкостью и сложностью. Сроки подготовки производства превышают сроки разработки конструкции изделия от 1,8 до 5 раз, в зависимости от вида и сложности изделий. При освоении производства новых машин решаются разнообразные задачи - от проектирования технологических процессов до разработки специальных средств технологического оснащения. Проектирование технологических процессов механической обработки и контроля деталей является одним из наиболее распространенных видов деятельности инженера машиностроителя. При технологическом проектировании решаются две основные задачи: обеспечение требуемого качества изделий, получение минимальной себестоимости технологического процесса.

Данное учебное пособие предназначено для оказания помощи студентам в курсовом и дипломном проектировании по технологии машиностроения. В нем приводится общая последовательность технологического проектирования. Приводится методика выполнения каждого из этапов проектирования. В методическом пособии содержатся требования к выполнению основных разделов курсового проекта (технологической части дипломного проекта), примеры их выполнения, имеется большой объем справочных данных.

Курсовое и дипломное проектирование должно производиться на основе новейших технологических решений, прогрессивных форм организации производства, при высоком уровне механизации и автоматизации технологических процессов. Выполнение курсового проекта (работы) необходимо производить в строгом соответствии с требованиями единой системы конструкторской и технологической документации (ЕСКД, ЕСТД), государственных и отраслевых стандартов.

# 1 Содержание курсового проекта

Курсовой проект выполняется в следующем объеме: пояснительная записка (ПЗ) 45 -60 страниц и 4-х листов графических материалов формата А1.

ПЗ содержит структурные элементы:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект (выдается перед прохождением конструкторско-технологической практики);

- аннотация;

- содержание;

- введение;

1 Разработка технологического процесса изготовления детали.

1.1 Анализ конструкции детали и требований к ее изготовлению.

1.2 Определение типа производства.

1.3 Отработка конструкции детали на технологичность.

1.4 Анализ существующего (базового) технологического процесса.

1.5 Выбор исходной заготовки.

1.5.1 Определение вида исходной заготовки.

1.5.2 Выбор метода изготовления исходной заготовки.

1.5.3 Обоснование выбора исходной заготовки.

1.6 Проектирование технологического маршрута обработки.

1.6.1 Выбор и обоснование технологических баз.

1.6.2 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки.

1.6.3 Определение последовательности обработки.

1.6.4 Формирование технологических операций.

1.6.5 Выбор средств технологического оснащения.

1.7 Проектирование технологических операций.

1.7.1 Выбор структуры операции.

1.7.2 Выбор средств технологического оснащения операции.

1.7.3 Расчет припусков и операционных размеров.

1.8 Назначение режимов обработки.

1.9 Нормирование технологического процесса.

- заключение;

- список использованных источников;

- приложения (спецификации, технологические карты).

Изложение материала в ПЗ должно быть кратким, логичным, последовательным. Все принимаемые решения должны быть обоснованными. В ПЗ должны быть приведены все необходимые расчеты, схемы, рисунки, графики, поясняющие содержание записки. Не следует включать в ПЗ общеизвестные теоретические положения. Большой объем числового материала следует сводить в таблицы. Оформление материала ПЗ должно соответствовать требованиям СТО 02069024 - 101 – 2010 [1].

## 2 Анализ конструкции детали и требований к ее изготовлению

Качественное проектирование технологического процесса невозможно без учета служебного назначения изделия. Это определяет необходимость его формулировки в начале разработки технологического процесса. При этом должны быть отражены функции, которые надлежит выполнять детали (самой или совместно с другими) в работающем изделии, и даны количественные характеристики, уточняющие требования к выполнению этих функций. Кроме того, необходимо выявить условия работы конкретной детали.

При формулировании служебного назначения также следует выявить функциональное назначение поверхностей детали (исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы, и свободные поверхности). *Исполнительные поверхности (ИП)* - поверхности детали, с помощью которых деталь исполняет свое служебное назначение. *Основные конструкторские базы (ОКБ)* - поверхности детали, с помощью которых определяется положение данной детали в сборочной единице. *Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)* - поверхности детали, относительно которых определяется положение других деталей и сборочных единиц, присоединяемых к данной детали. *Свободные поверхности (СП)* – поверхности детали, не контактирующие с какими-либо другими деталями (обычно служат для образования замкнутого тела, ограничивающего объем детали).

Полная и правильная формулировка служебного назначения детали и выявление функционального назначения поверхностей могут быть выполнены только при наличии конструкторской документации на машину, в которую входит данная деталь. При отсутствии полной информации следует сформулировать служебное назначение детали, исходя из общих представлений о функциях той или иной детали. Например, вал (рисунок 2.1) служит для передачи крутящего момента и для определения положения устанавливаемых на нем деталей, его ИП являются: боковые поверхности шпоночного паза и посадочная шейка, ОКБ – опорные шейки, ВКБ – посадочная шейка. СП – крайние торцы вала.

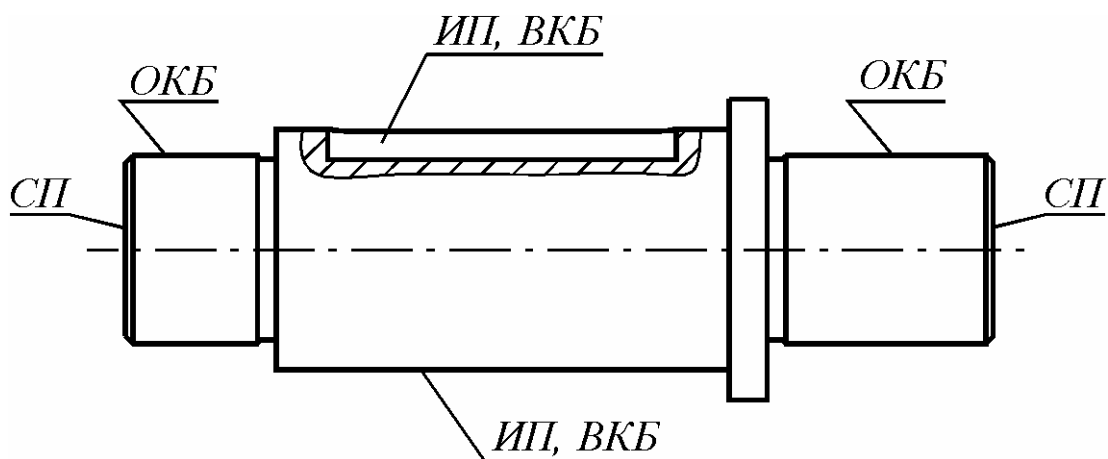


Рисунок 2.1 – Функциональное назначение поверхностей вала

Корпус (рисунок 2.2) служит для определения положения деталей, которые монтируются в нем. Его ИП являются главные отверстия, в которых монтируются подшипники, торцы, и резьбовые поверхности. Те же поверхности являются одновременно и ВКБ, что следует из служебного назначения корпуса. ОКБ корпуса – плоскость основания и отверстия под штифты. СП – наружные и внутренние поверхности корпуса.

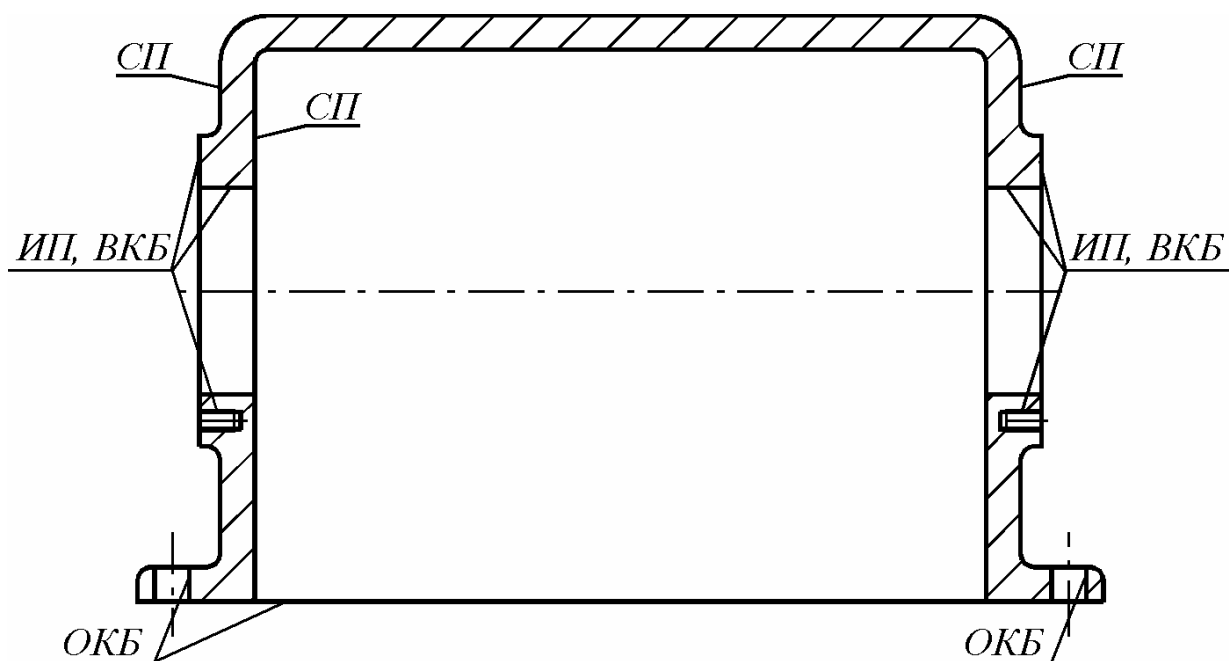


Рисунок 2.2 – Функциональное назначение поверхностей корпуса



Для зубчатого колеса (рисунок 2.3) ИП являются боковые поверхности зубьев, ОКБ - поверхности центрального отверстия, шпоночного паза и опорного торца. ВКБ – поверхность противоположного торца. СП – наружная поверхность ступицы и торец зубчатого венца.

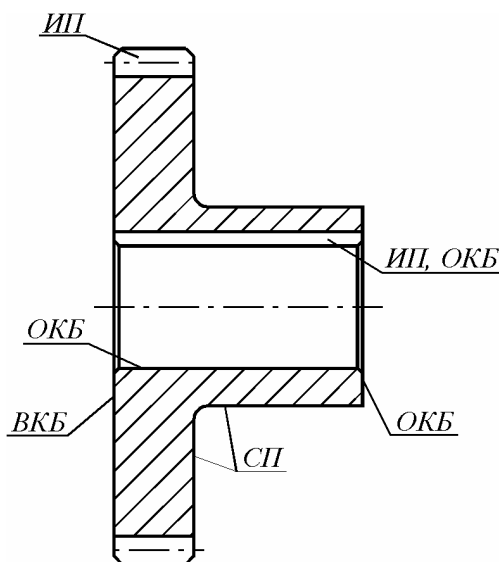


Рисунок 2.3 – Поверхности зубчатого колеса

Вторым этапом анализа конструкции детали является технологический контроль чертежа. Он заключается в проверке полноты информации о детали, содержащейся в ее чертеже. При этом необходимо выяснить:

- 1) достаточно ли видов, разрезов, сечений, необходимых для получения однозначного представления о конфигурации данной детали;
- 2) все ли необходимые и достаточные размеры указаны на чертеже (достаточно ли их для однозначного представления о конструкции детали и не имеется ли "лишних" размеров);
- 3) указана ли шероховатость поверхностей;
- 4) оговорены ли чертежом детали нормы точности, в большинстве случаев указывается точность наиболее ответственных поверхностей, допуски свободных размеров оговариваются техническими требованиями, а неуказанные отклонения формы и расположения лежат в пределах соответствующих допусков;

5) содержатся ли все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, массе детали и др.

В необходимых случаях чертеж детали должен быть дополнен соответствующей информацией по согласованию с руководителем проекта.

Анализ требований к изготовлению детали необходим для проверки соответствия норм точности служебному назначению детали. Выполнение данного этапа позволит исключить ошибки, допущенные при проектировании детали. В некоторых случаях обоснованное уточнение допусков приводит к их расширению и, следовательно, к уменьшению себестоимости. Это определяет важность выполнения данного этапа технологического проектирования. Наиболее качественное обоснование норм точности производится на основе размерного анализа конструкции в следующей последовательности:

а) формулировка (уточнение) служебного назначения машины (сборочной единицы), при этом необходимо рассматривать такие параметры служебного назначения, на исполнение которых влияют нормы точности данной детали;

б) выявление исполнительных поверхностей машины;

в) определение всех видов связей между исполнительными поверхностями, необходимыми для выполнения служебного назначения;

г) обоснование параметров связей всех видов и их допускаемых отклонений;

д) переход в номиналах и допусках от всех видов связей к размерным;

е) формирование конструкторских размерных цепей, замыкающими звеньями которых являются размерные связи между исполнительными поверхностями;

ж) определение норм точности детали путем решения прямой задачи расчета размерных цепей.

Уточнение норм точности детали рассмотрим на примере, чертеж детали приведен на рисунке 2.4.

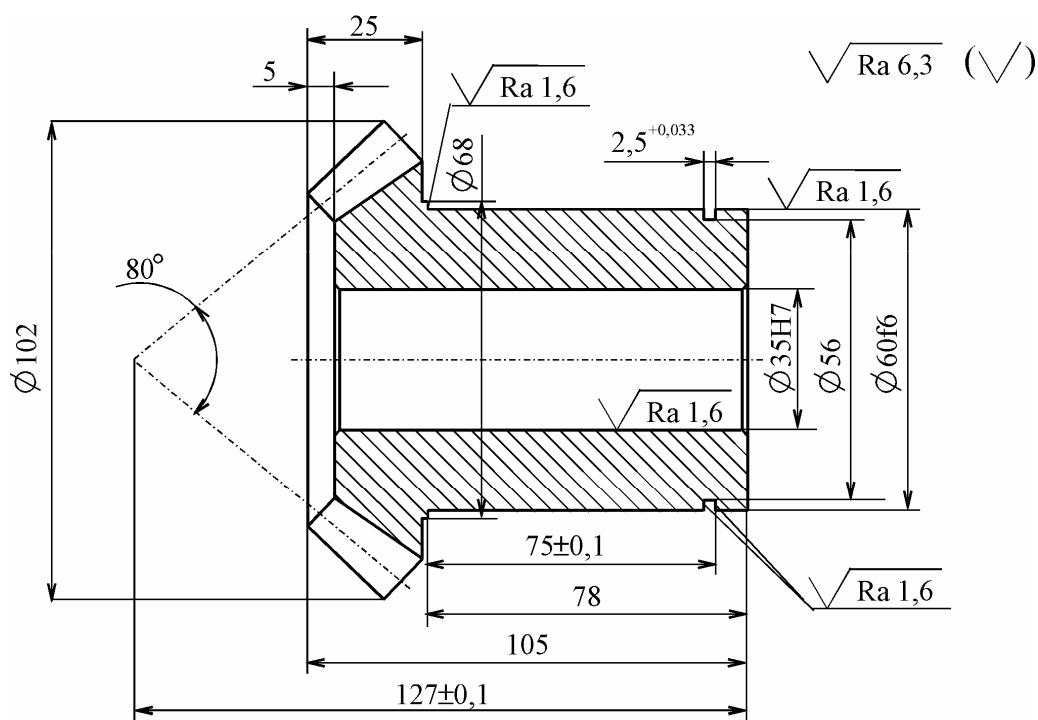


Рисунок 2.4 – Чертеж детали

Коническое зубчатое колесо входит в сборочную единицу (рисунок 2.5). На ступице колеса 1 установлены цилиндрические колеса 2 и 3, зафиксированные в осевом направлении стопорным кольцом 4.

Одним из требований служебного назначения, предъявляемых к данной сборочной единице, является обеспечение легкого вращения зубчатых колес 2,3 относительно ступицы конического колеса 1. Это достигается выбором посадки с зазором по цилиндрическим поверхностям, а также наличием осевого зазора между торцом колеса 3 и стопорным кольцом 4. Исполнительными поверхностями при этом являются: правый торец колеса 4 и левый торец стопорного кольца 4. Величина осевого зазора ограничивается значениями от 0,1 до 0,5 мм. Минимальное значение определяется тепловыми условиями работы сборочной единицы, максимальное – величиной возможного смещения цилиндрических колес. Размерная цепь, замыкающим звеном которой является размерная связь между исполнительными поверхностями, представлена на рисунке 2.5. Номинал и предельные отклонения замыкающего звена -  $A_{\Delta} = 0_{+0,5}^{+0,1}$ .

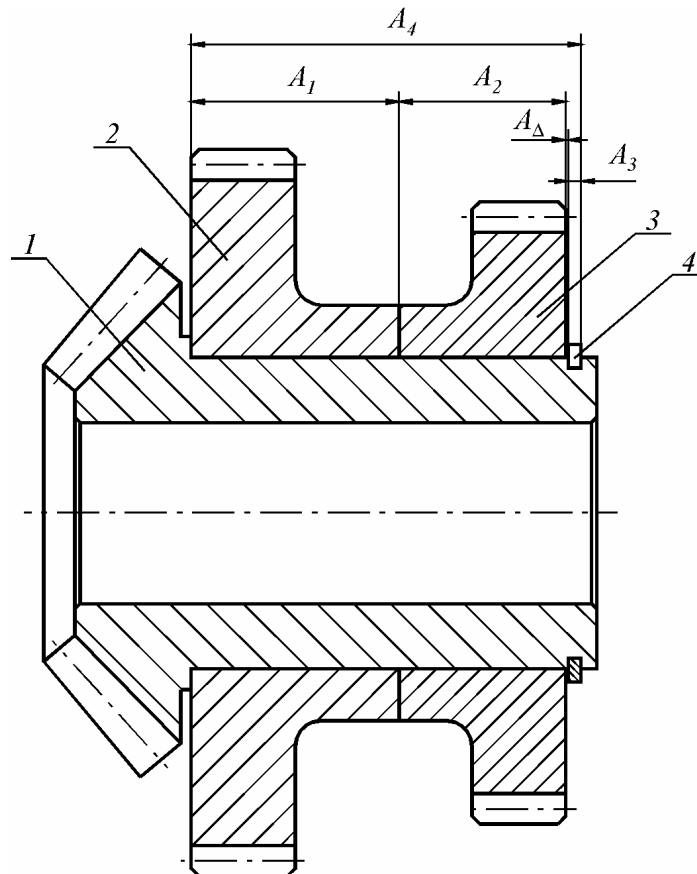


Рисунок 2.5 – Сборочная единица

Определим составляющие звенья из решения прямой задачи расчета размерной цепи (рисунок 2.5). Номиналы звеньев заданы конструктором и не уточняются при решении задачи.

Поскольку в размерной цепи содержится небольшое число звеньев, то для достижения требуемой точности замыкающего звена выбираем метод полной взаимозаменяемости. Средний допуск составляющего звена составит

$$T_{\text{сред}} = \frac{T_{A_{\Delta}}}{m - 1},$$

где  $T_{A_{\Delta}}$  - допуск замыкающего звена;

$m$  – общее число звеньев размерной цепи.

$$T_{\text{сред}} = \frac{0,4}{4} = 0,1 \text{ мм},$$

Назначим допуски и предельные отклонения всех составляющих звеньев за исключением размера от торцевой упорной поверхности конического колеса до края канавки -  $A_4$ . Допуск на ширину кольца оговорен стандартом ГОСТ 13940-86 и равен 0,12 мм,  $A_3 = 2,5_{-0,12}$ . Ширина колеса 2 со ступицей -  $A_1 = 40_{-0,062}$ , ширина колеса 3 -  $A_2 = 32_{-0,062}$ .

Допуск звена  $A_4$  равен

$$T_{A_4} = T_{A_4} - (T_{A_1} + T_{A_2} + T_{A_3}),$$

$$T_{A_4} = 0,4 - (0,062 + 0,062 + 0,12) = 0,156 \text{ мм}.$$

Координата середины поля допуска звена  $A_4$

$$EC_{A_4} = \frac{EC_{A_4} - (EC_{A_1} \cdot \xi_1 + EC_{A_2} \cdot \xi_2 + EC_{A_3} \cdot \xi_3)}{\xi_4},$$

где  $EC_{A_4}$  – координата середины поля допуска замыкающего звена;

$EC_{A_i}$  – координаты середин полей допусков составляющих звеньев;

$\xi_{A_i}$  – коэффициенты передачи составляющих звеньев.

$$EC_{A_4} = \frac{0,3 - [(-0,031) \cdot (-1) + (-0,031) \cdot (-1) + (-0,06) \cdot (-1)]}{1} = 0,178 \text{ мм}.$$

Верхнее предельное отклонение звена  $A_4$

$$ES_{A_4} = EC_{A_4} + \frac{T_{A_4}}{2},$$

$$ES_{A_4} = 0,178 + \frac{0,156}{2} = 0,256 \text{ мм}.$$

Нижнее предельное отклонение звена  $A_4$

$$EI_{A_4} = EC_{A_4} - \frac{T_{A_4}}{2},$$

$$EI_{A_4} = 0,178 - \frac{0,156}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

Таким образом, для исполнения сборочной единицей своего служебного назначения размер  $A_4$  конического колеса 1 должен быть равным  $75^{+0,256}_{+0,1}$ . Соответствующие изменения необходимо внести в чертеж детали.

При отсутствии данных о конструкции машины, о ее служебном назначении уточнение параметров точности производится исходя из требований, предъявляемых к типовым деталям. Такие требования содержатся в рекомендациях по проектированию деталей [2]. Некоторые данные по точности поверхностей типовых деталей приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры точности некоторых деталей машин

Детали	Точность размера, квалитет	Отклонения расположения, степень точности	Отклонения формы, степень точности	Шероховатость, Ra, мкм
1	2	3	4	5
Направляющие, столы станков высокой и повышенной точности, исполнительные поверхности плунжерных и золотниковых пар, посадочные поверхности подшипников качения, шейки шпинделей станков повышенной точности	4 – 5	1 - 4	1 – 4	0,4 – 0,8

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
Направляющие, столы станков нормальной точности, поверхности, предназначенные для точного базирования (опорные и посадочные шейки валов, плоскости разъема, основания и главные отверстия корпусных деталей, центральные отверстия зубчатых колес и т.п.)	6 - 7	3 - 6	3 - 6	0,8 - 1,6
Поверхности, предназначенные для базирования неотчетственных деталей (поверхности, контактирующие через прокладки, торцовые поверхности фланцев, втулок зубчатых колес и т.п.)	8 - 9	5 - 8	5 - 8	3,2 - 6,3
Примечание - Большие значения степеней точности соответствуют нормальной относительной геометрической точности А, средние – повышенной относительной геометрической точности, В, меньшие – высокой относительной геометрической точности, С.				

Формулировка требований по допускаемым отклонениям расположения должна отражать служебное назначение детали и функциональное назначение ее поверхностей. Например, положение исполнительных поверхностей, вспомогательных конструкторских баз детали должно быть задано относительно ее основных конструкторских баз.

Для правильного выбора методов обработки, выбора средств технологического оснащения необходимо привести в соответствие отдельные параметры точности. Уточнению подлежит соответствие допусков размеров допускам формы и расположения поверхностей. Примерные соотношения между допусками размеров и допусками формы и расположения поверхностей приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Значения допусков формы и расположения поверхностей в процентах от допуска размера для уровней относительной геометрической точности

Уровень относительной геометрической точности	Допуск формы, %	Допуск отклонения расположения, %
А	30	60
В	20	40
С	12	25

В некоторых случаях допуски отклонений расположения и формы поверхностей составляют меньшую часть допуска соответствующего размера. При этом допуски расположения и формы обусловлены служебным назначением детали, но предполагается, что требуемая точность размеров обеспечивается методами регулирования или пригонки. Пример несогласованности отдельных параметров точности приведен на рисунке 2.6.

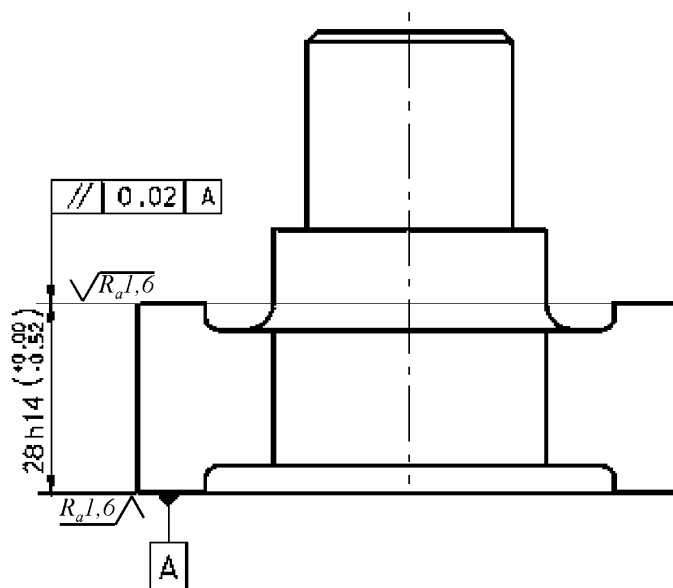


Рисунок 2.6 – Несоответствие допуска размера допуску отклонения расположения и шероховатости поверхностей

Для приведения в соответствие отдельных параметров точности в данном случае необходимо ужесточить допуск размера 28h14. При этом следует выбрать уровень относительной геометрической точности (А, В, С), а затем определить допуск



размера исходя из примерных соотношений между допуском размера и допусками формы и расположения (таблица 2.2). Значения допусков размеров приведены в приложении В. Принимаем уровень относительной геометрической точности – В. Исходя из того, что допуск расположения должен составлять примерно 40 процентов от допуска размера, определим допуск размера 28 (рисунок 2.6).

$$T = \frac{T_n}{0.4},$$

где  $T_n$  - допуск отклонения от параллельности,

$$T = \frac{0,02}{0,4} = 0,05 \text{ мм.}$$

Значение допуска примерно соответствует 9 качеству - 28 h9<sub>(-0,52)</sub>.

Требуется уточнения также информация о соответствии допусков размеров и шероховатости поверхностей. Значения шероховатости поверхности в зависимости от качества точности размера и от уровня относительной геометрической точности приведены в таблице 2.3.

На рисунке 2.6 поверхности, связанные размером 28, имеют шероховатость 1,6 мкм. Такая шероховатость поверхности задана из условий работы детали. Для обеспечения этой шероховатости необходимо использовать один из отделочных методов обработки. При широких допусках, оговоренных чертежом детали, будут иметь место значительные колебания припусков при чистовой обработке, что приведет к увеличению трудоемкости. В данном случае следует ужесточить допуск размера, приведя его в соответствие с шероховатостью поверхностей. В соответствии с таблицей 2.3 размер 28 должен иметь допуск по 8 качеству точности. Поэтому при проектировании технологического процесса следует ориентироваться на обеспечение размера 28 h8<sub>(-0,033)</sub>.

Таблица 2.3 - Значения шероховатости поверхности в зависимости от качества точности размера и от уровня относительной геометрической точности

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

Примечание – знак \* означает, что рассматривается случай, когда допуски формы не указаны на чертеже, т. е. допуски формы ограничиваются полем допуска размера. Знак (-) перед или после обозначения уровня относительной точности означает, что следует назначать величину  $Ra$ , указанную в таблице относительно знака (-). Например, по 11-му качеству для -В и -С принимают  $Ra = 3,2$  мкм; для С- принимают  $Ra = 1,6$  мкм.

### 3 Определение типа производства

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой выпускаемых изделий при большом объеме выпуска. Серийное производство характеризуется более широкой номенклатурой выпускаемых изделий и меньшим объе-

мом выпуска. Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой и малым объемом выпуска изделий. Кроме объема выпуска тип производства характеризуется видом используемого оборудования, применяемыми методами обеспечения требуемой точности, квалификацией рабочих и другими признаками. Единственным количественным показателем, определяющим тип производства, является коэффициент закрепления операций (ГОСТ 14.004-83).

$$k_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.1)$$

где  $\sum O$  - суммарное число операций, выполняемых в цехе (на участке);

$\sum P$  - суммарное число рабочих мест.

Тип производства в зависимости от коэффициента закрепления операций определяется по таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Тип производства

Коэффициент закрепления операций, $k_{zo}$	Тип производства
До 1	массовое
1 - 10	крупносерийное
10 - 20	среднесерийное
20 - 40	мелкосерийное
свыше 40	единичное

Коэффициент закрепления операций определяет число операций, выполняемых на одном рабочем месте за расчетный период времени. В курсовом проектировании он определяется на основе данных по базовому технологическому процессу. При этом необходимы данные по составу технологических операций и их трудоемкости. Сначала определяется расчетное число единиц оборудования для каждой из технологических операций.

$$m_{P_i} = \frac{N \cdot t_{um_i}}{F_{\partial} \cdot s \cdot 60 \cdot \eta}, \quad (3.2)$$

где  $N$  – годовой объем выпуска (указывается в задании), шт./год;

$t_{um_i}$  - штучное (штучно-калькуляционное время) для  $i$ -той операции, мин;

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд времени при работе в одну смену, час;

$s$  – число рабочих смен (указывается в задании);

$\eta$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Действительный годовой фонд,  $F_{\partial}$ , принимает различные значения в зависимости от вида используемого оборудования. В учебном проектировании он может быть принят равным среднему значению – 1980 часов. Средние значения нормативного коэффициента загрузки оборудования – от 0,75 до 0,8.

Расчетное число единиц оборудования должно быть округлено в большую сторону до ближайшего целого значения  $P_i$ .

Определяется фактический коэффициент загрузки оборудования

$$\eta_{\phi_i} = \frac{m_{P_i}}{P_i}. \quad (3.3)$$

Если фактический коэффициент загрузки получен выше нормативного, то следует увеличить принятое число единиц оборудования,  $P_i$ . На некоторых операциях фактический коэффициент загрузки может оказаться значительно меньшим нормативного. В этом случае необходимо его увеличить за счет догрузки данного рабочего места другими операциями. Число операций, выполняемых на  $i$ -том рабочем месте, с учетом догрузки определяется из выражения

$$O_i = \frac{\eta}{\eta_{\phi_i}}. \quad (3.4)$$

Суммируя значения  $P_i$  и  $O_i$  по всем технологическим операциям, получаем данные для определения коэффициента закрепления операций.

Рассмотрим определение типа производства для технологического процесса, данные по которому приведены в таблице 3.2.

Годовой объем выпуска – 1500 шт./год, режим работы двухсменный.

Таблица 3.2 – Данные для определения типа производства

Номер операции	Наименование операции	$t_{ум}$ , мин
005	Токарная с ПУ	16,4
010	Токарная с ПУ	13,0
015	Протяжная	0,6
020	Токарная с ПУ	12,8
025	Зубофрезерная	22,4
030	Зубошевинговальная	4,2
035	Термическая	-
040	Зубошлифовальная	28,2

Значения принятого и расчетного числа единиц оборудования, фактического коэффициента загрузки, числа операций на каждом рабочем месте определим по формулам (3.2 – 3.4) и сведем в таблицу 3.3. При определении типа производства не следует учитывать операции, носящие вспомогательный характер: транспортные, моечные, термические и др.

Коэффициент закрепления операций

$$k_{30} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P} \cdot \tau$$

$$k_{30} = \frac{192}{7} = 24,7.$$

Тип производства мелкосерийный.

Таблица 3.3 – Определение типа производства

№ операции	$m_{p_i}$	$P_i$	$\eta_{\phi_i}$	$O_i$
005	0,14	1	0,14	5
010	0,11	1	0,11	6
015	0,005	1	0,005	150
020	0,11	1	0,11	6
025	0,19	1	0,19	4
030	0,04	1	0,04	18
040	0,24	1	0,24	3
		$\Sigma P=7$		$\Sigma O=192$

В случае серийного производства следует определить размер партии запуска.

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (3.5)$$

где  $a$  – периодичность запуска в днях (рекомендуется принимать равной 3, 6, 12, 24 дням);

254 – число рабочих дней в году.

Размер партии запуска, определенный по формуле (3.5), следует уточнить. Уточнение производится для того, чтобы партия деталей обрабатывалась за число смен, кратное 0,5. При этом переналадка оборудования будет производиться или между сменами, или в обеденный перерыв. Расчетное число смен определяется в соответствии с зависимостью

$$c = \frac{t_{шт\ ср} \cdot n}{480 \cdot \eta_{ср}}, \quad (3.6)$$

где  $t_{шт\ ср}$  - среднее штучное время;

$\eta_{ср}$  - коэффициент загрузки оборудования в серийном производстве принимается равным 0,8;

480 – продолжительность смены, мин.

Определенное число смен округляется в большую сторону с кратностью 0,5, и для него определяется размер партии запуска.

$$n_{np} = \frac{480 \cdot \eta_{сер} \cdot c_{np}}{t_{умср}}. \quad (3.7)$$

Определим размер партии запуска для примера рассмотренного ранее, приняв периодичность запуска  $a = 12$  дней

$$n = \frac{1500 \cdot 12}{254} = 70,87 \text{ шт.}$$

Среднее штучное время

$$t_{умср} = \frac{\sum_{i=1}^o t_{умi}}{O},$$
$$t_{умср} = \frac{(16,4 + 33 + 0,6 + 12,8 + 22,4 + 4,2 + 28,2)}{7} = 13,94 \text{ мин.}$$

Число смен, потребное для обработки данной партии запуска

$$c = \frac{13,94 \cdot 70,87}{480 \cdot 0,8} = 2,57.$$

Принимаем расчетное число смен  $c_{np} = 2,5$ , тогда уточненная величина партии запуска составит

$$n_{np} = \frac{480 \cdot 0,8 \cdot 2,5}{13,94} = 68,87 \text{ шт.}$$

Окончательно принимаем размер партии запуска равным 70 шт.

При отсутствии базового технологического процесса тип производства ориентировочно может быть определен по годовому объему выпуска и массе детали (таблица 3.4)

Тип производства может быть также указан в задании на проектирование.

Таблица 3.4 – Данные для ориентировочного определения типа производства

Масса детали, кг	Тип производства при объеме выпуска, шт./год		
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное
До 1,0	10	10 – 2000	1500 – 100000
1,0 - 2,5	10	10 – 1000	1000 – 50000
2,5 - 5,0	10	10 – 500	500 – 35000
5,0 - 10	10	10 – 300	300 – 25000
Св. 10	10	10 – 200	200 – 10000

#### 4 Отработка конструкции детали на технологичность

Конструкцию машины или детали принято называть технологичной, если она позволяет в полной мере использовать для изготовления наиболее экономичный технологический процесс, обеспечивающий ее качество при надлежащем количественном выпуске. Являясь одним из свойств конструкции, технологичность дает возможность снизить трудоемкость изготовления изделия и его себестоимость. Опыт машиностроения показывает, что путем повышения технологичности конструкции машины можно получить дополнительно сокращение трудоемкости ее изготовления на 15 – 25 % и снижения себестоимости на 5 – 6 %. Это определяет важность учета возможностей технологии при конструировании машины, ее сборочных единиц и деталей.

Цель отработки конструкции детали на технологичность - выявление недостатков конструкции детали, а также возможное ее улучшение. Основные задачи ана-



лиза технологичности конструкции обрабатываемой детали сводятся к возможному уменьшению трудоемкости и металлоемкости, возможности обработки детали высокопроизводительными методами.

В общем случае, конструкция детали, отработанная на технологичность, должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1) конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;

2) детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;

3) размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные экономически и конструктивно обоснованные точность, шероховатость, обеспечивающие точность установки, обработки и контроля;

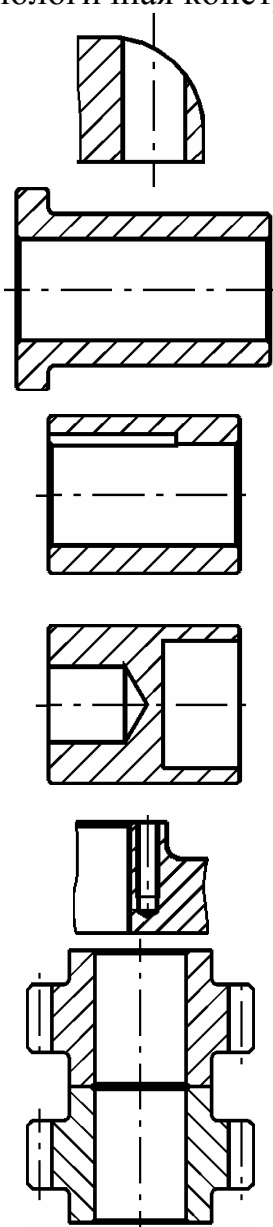
4) заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом определенного ранее типа производства;

5) форма и габариты детали, основные и вспомогательные базы и их сочетания, схемы простановки размеров, конструктивные элементы, материалы, покрытия, требования и упрочнению должны максимально соответствовать принятым методам и средствам обработки;

6) конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых технологических процессов ее изготовления.

Из-за большого разнообразия конструкций деталей и условий производства невозможно дать всеобъемлющие рекомендации по поводу того, какую конструкцию изделия считать технологичной. Некоторые примеры, поясняющие понятие технологичности, представлены на рисунке 4.1.

### Нетехнологичная конструкция



### Технологичная конструкция

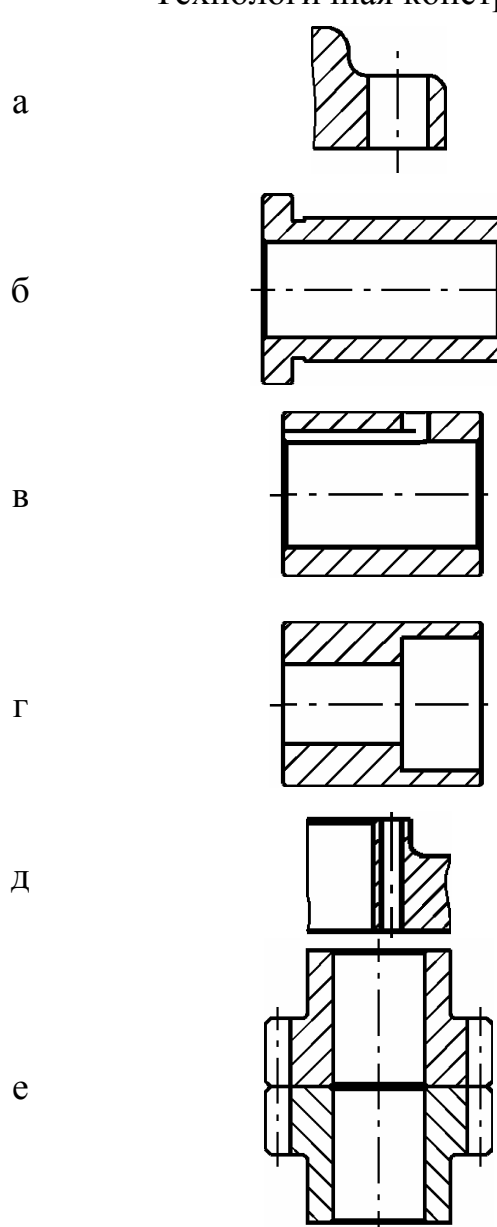


Рисунок 4.1 - Примеры нетехнологичных и технологичных конструкций деталей

Обработка отверстия со стороны криволинейной поверхности (рисунок 4.1 *a*) затруднена тем, что при врезании сверло будет отжиматься от заготовки. Необходимо, чтобы плоскость входа (выхода) инструмента была перпендикулярна оси отверстия. Без канавки для выхода шлифовального круга (рисунок 4.1 *б*) переход от цилиндрической к плоской поверхности получится с закруглением неопределенного радиуса. Долбить шпоночный паз во втулке до упора (рисунок 4.1 *в*) невозможно; необходимо отверстие (кольцевая выточка) для выхода резца. Обработка сквозного

ступенчатого отверстия проще, чем обработка двух отверстий с противоположных сторон втулки (рисунок 4.1 з). Наличие глухих крепежных отверстий в корпусе (рисунок 4.1 д) требует настройки сверлильного станка на глубину, при нарезании резьбы требуется специальный предохранительный патрон. Расположение ступицы с двух сторон зубчатого венца (рисунок 7 е) делает неэффективным применение обработки зубьев пакетом, что снижает производительность зубофрезерования.

В курсовом и дипломном проектировании для отработки конструкции детали на технологичность применяется метод качественной сравнительной оценки.

Для корпусных деталей определяются:

- 1) допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает такому виду обработки?
- 2) позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной или с двух сторон?
- 3) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям?
- 4) нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон заготовки, и можно ли ее устранить?
- 5) есть ли глухие отверстия и можно ли их заменить сквозными?
- 6) имеются ли отверстия, расположенные под углом к плоскости входа (выхода) инструмента и возможно ли изменение этих элементов?
- 7) имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам поверхности, которые возможно использовать в качестве технологических баз?
- 8) располагаются ли бобышки и платики корпусной детали на одном уровне?
- 9) соответствует ли ширина поверхности нормальному ряду диаметров торцевых или длин цилиндрических фрез?
- 10) одинаковы ли радиусы закруглений у гнезд и выемок по контуру обрабатываемой поверхности, соответствуют ли они размерам стандартных пазовых фрез?

Для валов выясняют:

- 1) можно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?
- 2) убывают ли к концам диаметральные размеры шеек валов?
- 3) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми?

4) допускает ли жесткость вала получение высокой производительности и точности обработки?

Технологичность конструкций зубчатых колес должна характеризоваться следующими основными признаками:

- 1) простой формой центрального отверстия;
- 2) ступицами, расположенными с одной стороны;
- 3) правильной формой и размерами канавок для выхода инструмента.
- 4) открытостью зубчатых венцов.

Особенно важной является отработка на технологичность конструкции деталей, обработку которых предполагается производить на станках с ЧПУ в серийном производстве. Это определяется высокой относительной стоимостью оборудования с ЧПУ. Требования технологичности конструкции корпусных деталей с учетом особенностей их обработки на многоцелевых станках могут быть рассмотрены с позиций создания благоприятных условий обработки плоскостей и отверстий. При этом оценка технологичности производится с учетом ряда факторов.

1 Число сторон обработки:

- наиболее технологичной следует считать конструкцию, у которой все обрабатываемые поверхности расположены с одной стороны детали. Обработка такой заготовки осуществляется при ее установке на столе без наличия поворотного стола и без необходимости ее центрирования относительно оси поворота стола;

- обрабатываемые поверхности должны быть расположены в сторонах, которые могут быть последовательно обращены к шпинделю станка при повороте заготовки вокруг одной ее оси. Невыполнение этого требования приводит к необходимости поворота корпусной заготовки вокруг двух и более осей. При этом следует применять дорогостоящие станки с большим числом управляемых координат или оснащать станок глобусными или наклонными столами, что затрудняет крепление заготовки, понижает жесткость его, усложняет исполнение программы и цикл работы станка;

- геометрическая форма корпусной детали должна соответствовать правильной геометрической фигуре — многогранной призме, для того чтобы все обрабаты-

ваемые поверхности располагались в сторонах, обработка которых была бы возможна при повороте заготовки максимум вокруг двух осей. Наличие наклонных плоскостей, требующих при их обработке поворота заготовки вокруг дополнительных осей, вызывает необходимость введения в технологический процесс обработки заготовки дополнительных сложных движений, дополнительных затрат вспомогательного времени и усложнения управляющей программы.

## 2 Устойчивость и удобство крепления:

- конструктивная форма детали должна предусматривать возможности ее полной механической обработки в одном установе (в одной операции), от одного комплекта технологических баз. В этом случае базами должны быть черные, необрабатываемые поверхности, обеспечивающие надежную установку заготовки;

- поверхности детали, являющиеся технологическими базами, должны быть достаточно развитыми, обеспечивающими хорошую устойчивость заготовки. Размеры установочной базы, как правило, расположенной в плоскости, перпендикулярно к сторонам обработки, должны превышать размеры обрабатываемой поверхности, чтобы не возникало при опрокидывающих моментах;

- конструкцией детали должны быть предусмотрены приливы или поверхности, облегчающие ее крепление к столу. Зажимы не должны мешать обработке, подводу и выходу инструментов;

- конструкция детали должна обеспечивать ее высокую прочность и жесткость, чтобы силы зажима и силы резания не вызывали деформаций, нарушающих точность обработки.

## 3 Удобство работы на станке:

- поверхности детали должны обрабатываться без их спаривания с другими деталями, так как совместной обработке предшествуют операции сборки, как правило, невыполнимые на многооперационных станках.

## 4 Удобство обработки плоскостей:

- конструктивная форма должна предусматривать расположение всех находящихся на одной стороне детали плоскостей, торцовых поверхностей и уступов в од-

ной плоскости для возможности их одновременной обработки одним проходом инструмента (данное требование является необязательным);

- при наличии внутренних, не сквозных плоскостей или сочетании нескольких поверхностей, образующих сложный контур, расположенных на одной стороне детали, их обработка должна быть выполнена при перемещении исполнительных элементов станка не более чем по трем координатным осям.

#### 5 Удобство обработки главных отверстий:

- конструкция должна предусматривать наличие главных, точно обрабатываемых отверстий только во внешних стенках детали. Наличие точных отверстий, расположенных в промежуточных стенках детали, нежелательно. Как указывалось ранее, обработка отверстий на многооперационных станках производится без поддержки и направления инструмента кондукторными втулками. Для повышения точности растачивание отверстий производят короткими жесткими консольными инструментами. Необходимость растачивания отверстий, расположенных во внутренних и промежуточных стенках детали, ведет к удлинению расточных борштанг, уменьшению их жесткости, а следовательно, к понижению точности и производительности растачивания;

- по тем же соображениям промежуточные стенки и перегородки, в которых имеются точные отверстия, должны располагаться возможно ближе к внешним стенкам детали;

- главные отверстия, расположенные в одной стенке, должны быть гладкими для возможности их обработки на проход. Наличие ступенчатых отверстий, кольцевых канавок, выточек, торцовых выемок резко повышает трудоемкость обработки и увеличивает требуемое число используемых инструментов, ограничиваемое емкостью инструментального магазина станка. Необходимость обработки указанных поверхностей вынуждает создавать специальные конструкции инструмента, поперечное перемещение режущего лезвия которого должно также осуществляться по программе;

- при наличии ступенчатых отверстий их возрастающие диаметры должны быть направлены к внешним поверхностям детали;

- главные отверстия, расположенные на одной оси в противоположных и промежуточных стенках детали, должны быть выполнены одного диаметра с целью уменьшения количества инструментов, снижения трудоемкости наладки станка и использования повторных циклов;

- диаметры отверстий в промежуточных стенках детали не должны быть больше диаметров соосных отверстий, расположенных во внешних ее стенках, так как растачивание таких отверстий напроход невозможно и приводит к необходимости использования планшуппортных головок;

- конструкция корпусной детали не должна иметь внутренних выступов, окон, прерывающих отверстие и мешающих растачиванию напроход.

#### 6 Удобство обработки крепежных отверстий:

- крепежные отверстия должны быть максимально нормализованы, стандартной формы, а их номенклатура — минимальна. Необходимо избегать многообразия размеров и форм отверстий, резьб и цековок. Это позволит уменьшить потребное число инструментов;

- торцовые поверхности отверстий в заготовках должны быть перпендикулярны осям. При сверлении отверстий, торцовые поверхности которых неперпендикулярны оси, возникает увод инструмента и перекося оси отверстий. В этих случаях перед сверлением отверстий приходится предварительно их обрабатывать центровыми сверлами для лучшего направления сверла;

- нежелательно наличие обрабатываемых внутренних торцовых поверхностей, фасок, подход инструмента к которым невозможен ни с одной стороны детали, что вынуждает проводить ручную доработку деталей при вводе инструмента изнутри;

- при сверлении косых и наклонных отверстий их оси должны располагаться в плоскостях, доступных для обработки при повороте заготовки вокруг одной оси;

- параметры резьб должны предусматривать возможность их нарезания метчиками. Нарезание резьб резцами нежелательно.

Отработка конструкции детали на технологичность должна производиться применительно ко всем этапам изготовления машины. Начиная от анализа технологичности получения исходных заготовок, до анализа технологичности сборочных

процессов. Поэтому материала настоящего раздела проекта должны дополняться по мере выполнения последующих этапов технологического проектирования.

Изменения, вносимые в конструкцию детали с целью повышения технологичности, могут привести к ухудшению функциональных свойств детали. Поэтому такие изменения следует согласовывать с руководителем проекта.

## **5 Выбор исходной заготовки**

Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления необходимо проводить в следующей последовательности:

- 1) определение вида исходной заготовки;
- 2) выбор метода изготовления исходной заготовки;
- 3) технико-экономическое обоснование метода получения заготовки;
- 4) определение конфигурации и допусков исходной заготовки.

### **5.1 Определение вида исходной заготовки**

Основными факторами, влияющими на выбор вида исходной заготовки, являются:

- технологические свойства материала детали (литейные свойства, пластичность, свариваемость и т.п.);
- конструктивные формы и размеры детали;
- тип производства;
- производственные возможности заготовительных цехов (наличие оборудования, оснастки);
- требования безопасности жизнедеятельности и экологии.

Основными видами заготовок, применяемых в машиностроительной практике, являются:

- а) получаемые литьем (отливки);
- б) получаемые обработкой давлением (кованые и штампованные заготовки, гнутые профили);



- в) получаемые резкой проката;
- г) получаемые методами порошковой и гранульной металлургии (порошковые изделия);
- д) получаемые комбинированными методами (комбинированные и сварные заготовки);
- е) получаемые специализированными методами из композиционных материалов (композитные заготовки и полуфабрикаты).

Отливки следует применять, если рабочим чертежом детали предусмотрено ее изготовление из чугуна, литейных марок сталей, цветных литейных сплавов и других марок материала, характеризующихся хорошими литейными свойствами.

Заготовки, получаемые обработкой давлением, применяют в тех случаях, когда материалом детали является конструкционная сталь, пластичные марки алюминиевых сплавов, титановые сплавы и другие деформируемые материалы. Дополнительными факторами, определяющими выбор заготовок такого вида, являются также сложность конфигурации детали и тип производства. В частности, их не следует использовать для заготовок простой формы, и в условиях единичного производства. В таких случаях заготовку следует получать резкой сортового проката.

Детали, получаемые методами порошковой металлургии из железа, меди, титана, графита и других элементов, их смесей и порошков различных сплавов, эффективно заменяют детали из компактных цветных и черных сплавов. Способы порошковой металлургии позволяют получать продукцию в виде полностью готовых деталей, а также в виде заготовок, требующих незначительной механической обработки. В качестве ограничений при выборе заготовок такого вида являются: сравнительная простота форм деталей, небольшие размеры и масса прессуемых деталей, экономические ограничения. Наиболее характерными порошковыми деталями являются втулки, шайбы, кольца, шестерни, вкладыши, храповики, рычаги, кулачки и другие детали простой формы при небольшой их массе. Изготовление порошковых деталей экономически оправдывается при объеме выпуска: для деталей простых форм - 100 000 шт., средней сложности - 25 000 штук и сложной формы - 5 000 шт.

Подробные сведения о заготовках различных видов приведены в [3, 4].

## 5.2 Выбор метода изготовления исходной заготовки

Выбор метода изготовления исходной заготовки определяется следующими факторами:

1) типом производства (в массовом производстве наиболее выгодны способы, которые обеспечивают наибольшее приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам детали: точная штамповка, литье под давлением и т.п.);

2) конструктивными формами, размерами и массой детали (чем больше деталь, тем дороже обходится изготовление металлических форм, моделей, штампов и т.п.);

3) требуемой точностью выполнения заготовки и качеством ее поверхности (шероховатость поверхности, остаточные напряжения и т.п.; данный фактор действует в тех случаях, когда требуется обеспечить требуемое качество поверхностей детали, не подвергаемых механической обработке).

При выборе метода изготовления исходной заготовки следует руководствоваться технологическими характеристиками существующих методов.

Отливки получают двумя принципиально различными методами:

а) в разовые формы, когда форма используется один раз и после получения отливки разрушается (литье в песчаные формы, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы и т.п.);

б) в постоянные формы, когда форма используется многократно (литье в кокиль, под давлением, центробежное, вакуумное).

Литье в песчаные формы обладает многими ценными качествами: универсальностью, простотой изготовления, дешевизной, податливостью, газопроницаемостью и др., которые недостижимы при использовании постоянных форм. Однако условия труда литейщиков при использовании разовых песчаных форм остаются крайне тяжелыми, а трудоемкость изготовления отливок в 2—50 раз выше, чем при получении литья в постоянные формы.

Литье в металлические формы получило широкое применение, так как при этом достигается повышенная точность размеров, снижается шероховатость по-

верхности, улучшается качество отливок, устраняется необходимость приготовления формовочной, а часто и стержневой смесей, появляется возможность многоразового применения форм. Однако высокая стоимость металлических форм и возможность образования отбела в отливках из черных сплавов является недостатком этого способа литья.

Центробежный способ литья, применяемый в основном для получения отливок типа тел вращения, характеризуется большой производительностью и качеством отливок, высоким коэффициентом использования металла, малыми припусками на обработку резанием. При этом способе увеличивается плотность металла отливки, представляется возможным отливать детали из металлов и неметаллических материалов с низкой жидкотекучестью, отпадает необходимость в формовочных и стержневых смесях, резко снижается себестоимость заготовок. Недостатками способа являются невозможность получения отверстий точного размера, возможность образования отбела в чугунных отливках, трудность получения качественных отливок из сплавов, склонных к ликвации.

Литье под давлением, характеризующееся повышенной точностью и качеством поверхности отливок, применяется в массовом и серийном производстве заготовок из цветных сплавов. Толщина стенок заготовки не должна превышать 6 мм, в противном случае возможно увеличение пористости материала заготовки.

Литье в оболочковые формы позволяет получать заготовки, имеющие конфигурацию и размеры, соответствующие готовой детали, поэтому этим методом изготавливают детали из жаростойких и труднообрабатываемых материалов. Способ высокопроизводительный, легко автоматизируется, но сравнительно дорог.

Литье по выплавляемым моделям применяется для получения заготовок для мелких деталей сложной конфигурации, преимущественно из стали. При этом объем механической обработки резко снижается.

При электрошлаковом литье механические свойства материала отливки не уступают соответствующим свойствам деформируемых сплавов, структура характеризуется большой плотностью, стабильностью и изотропностью свойств. Метод применяется для изготовления деталей ответственного назначения - сосудов, работаю-

щих под давлением, цилиндров, коленчатых валов и др. Недостатком способа является высокая стоимость отливок, особенно при производстве отливок небольшой массы.

Характеристики некоторых методов получения отливок приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Характеристики методов получения отливок

Метод получения	Масса заготовок, т	Точность выполнения, качество	Шероховатость $R_z$ , мкм	Материал	Производство
1	2	3	4	5	6
<b>Разовые формы</b>					
Литье в песчано-глинистые формы:					
Ручная формовка по деревянным моделям	До 100	17	80 – 20	чугун, сталь, специальные сплавы	единичное и мелкосерийное
Машинная формовка	До 10	16 – 17	20 – 5		серийное
Машинная формовка по металлическим моделям	3 – 5	14 – 16	20 – 5		крупносерийное и массовое
Литье по выплавляемым моделям	До 0,15	11 – 12	10 – 2,5	труднообрабатываемые сплавы	серийное
Литье в оболочковые формы: (песчано-смоляные, химически твердеющие)	До 0,15	13 – 14	10 – 2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
<b>Многократные формы</b>					
Центробежное литье	0,01 – 1	12 – 14	40 – 10	чугун, сталь, цветные сплавы	крупносерийное и массовое

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6
Литье под давлением	До 0,1	8 – 12	5,0 – 0,63	цветные сплавы	крупно-серийное и массовое
Литье в кокиль	7(чугун) 4 (сталь) 0,5 (цветные сплавы)	12 – 15	20 – 2,5	чугун, сталь, цветные сплавы	серийное и массовое
Примечание – В таблице приведена ориентировочная точность отливок, точные значения допусков определяются по ГОСТ 26645-85					

Из всего многообразия заготовок, получаемых обработкой давлением, чаще всего в машиностроении используются кованные и штампованные заготовки. Ковка - обработка металлов давлением путем местного многократного приложения деформирующих усилий с помощью универсального кузнечного инструмента. Ковкой получают разнообразные по форме и размерам машиностроительные заготовки массой до 300 т. Заготовка, полученная ковкой, называется поковкой. Штамповка - обработка металлов давлением при помощи специального инструмента - штампа, рабочая полость (ручей) которого определяет конфигурацию и размеры получаемой заготовки. Заготовка, полученная штамповкой, называется штампованной поковкой или штампованной заготовкой.

Ковка применяется в единичном и мелкосерийном производстве для получения поволоков различных форм и размеров из черных и реже цветных металлов и сплавов. Поковки обычно получают на ковочных молотах и гидравлических ковочных прессах. Такие заготовки имеют большие припуски на последующую механическую обработку резанием. В мелкосерийном производстве при изготовлении заготовок применяют подкладные штампы, позволяющие уменьшить припуски и приблизить форму заготовки к форме детали.

Объемная штамповка является современным высокопроизводительным и относительно дешевым процессом изготовления заготовок, широко распространенным в машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности. Процесс

штамповки заключается в принудительном перераспределении материала заготовки без нарушения его сплошности. В качестве первичной заготовки для штамповки применяют слитки массой до 350 т, сортовой (круглый, квадратный), профильный и листовой прокат. Заготовку помещают в полость штампа, называемую ручьем. Затем под действием рабочих частей штамповочного оборудования, на котором установлен штамп, материал заготовки, деформируясь, заполняет ручей, а заготовка принимает требуемую форму. Объемной штамповкой получают поковки разнообразной формы из различных материалов массой от нескольких граммов до одной тонны.

Различают два основных вида штампов в зависимости от вида ручьев – открытые (облойные) и закрытые (безоблойные). У открытых штампов зазор между верхней и нижней частями штампа является переменным и уменьшающимся в процессе деформирования заготовки. В плоскости смыкания частей (разъема) образуется облой. У закрытых ручьев деформирование заготовки происходит в замкнутом ручье, исключая образование облоя в плоскости разъема штампа. По виду крепления штампы делятся на подкладные (без крепления) и фиксируемые (закрепленные). Открытые и закрытые штампы могут быть одно- или многоручьевыми.

Подкладные штампы просты по устройству, относительно дешевы. Они состоят из верхней матрицы, нижней матрицы и вспомогательных элементов, необходимых для транспортировки штампов. Такие штампы применяются для изготовления крупных и единичных поковок на молотах.

Открытые штампы более сложны по конструкции, применяются для серийного и массового изготовления поковок на молотах и прессах. Кроме матриц они имеют выталкиватели, направляющие колонки и другие части. Одна или обе матрицы имеют облойную канавку, называемую накопителем (магазином).

Закрытые штампы применяются для изготовления точных заготовок на прессах, молотах, горизонтально-ковочных и др. машинах. Сущность процесса штамповки в закрытых штампах состоит в том, что заготовка деформируется, находясь в полости одной части штампа (матрицы), в которую входит как в направляющую другая его часть (пуансон). Полученная поковка удаляется из ручья выталкивателем.

При штамповке в закрытых штампах колебания объема заготовок должны быть незначительными, так как при штамповке облой не предусматривается. Штамповка в закрытых штампах более рациональна, так как обеспечивает высокий коэффициент использования материала, более высокую точность и качество поковок.

Характеристики некоторых методов получения поковок приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Характеристики методов получения поковок

Метод получения	Масса заготовок, т	Точность выполнения, качество	Шероховатость $R_z$ , мкм	Тип производства
1	2	3	4	5
Ковка на молотах и прессах	250	17 – 18	160 – 320	Единичное
Ковка на молотах и прессах в подкладных штампах	0,1	16 – 18	160 – 320	Единичное
Ковка на радиально-обжимных машинах (горячая и холодная)	Максимальный диаметр прутка (трубы) около 100мм	0,01–0,4 мм (холодная), 0,1–0,6 мм (горячая ковка)	0,32 – 0,63 ( $R_a$ )	Серийное
Штамповка на молотах и прессах	0,2	16 – 18	160 – 320	Мелкосерийное, серийное
Штамповка с последующей чеканкой	0,1	0,05–0,1 мм	10 – 40	Мелкосерийное, серийное
Штамповка (высадка) на горизонтально-ковочных машинах	0,1	17 – 18	160 – 320	Мелкосерийное, серийное
Штамповка выдавливанием	Диаметр до 200 мм	0,2 – 0,5 мм	80 – 320	Мелкосерийное, серийное

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5
Штамповка на калибровочных кривошипных прессах	0,1	На 25-30 % выше, чем при штамповке на молотах	80 – 320	Мелкосерийное, серийное
Холодная высадка на автоматах	Максимальный диаметр 30мм	14 – 17	1,2 – 2,5 ( $R_a$ )	Мелкосерийное, серийное
<p>Примечания</p> <p>1 В таблице приведена ориентировочная точность поковок, точные значения допусков определяются: для поковок на молотах по ГОСТ 7829-70; для поковок на прессах по ГОСТ 7062-90; для стальных штампованных поковок по ГОСТ 7505-89.</p> <p>2 Данные относятся к поковкам из углеродистых и легированных сталей</p>				

Исходные заготовки из проката применяют для деталей простой конфигурации в условиях единичного и мелкосерийного производства. Различные виды проката и область их применения приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Виды проката и область их применения

Вид проката	Стандарт	Область применения
1	2	3
Сортовой		
Круглый горячекатаный повышенной и нормальной точности	2590-2006	Гладкие и ступенчатые валы с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканы диаметром до 50 мм, втулки с наружным диаметром до 25 мм.
Круглый калиброванный	7415-86	Крепеж, гладкие оси.
Горячекатаный Квадратный и полосовой	2591-88 103-2006	Крепеж, небольшие детали типа рычагов, тяг, планок и клиньев.
Квадратный и шестигранный	8559-75 8560-78	



Продолжение таблицы 5.3

1	2	3
Листовой		
Толстолистовой горячекатаный	19903-74	Фланцы, кольца плоские детали различной формы; цилиндрические полые заготовки типа втулок и валов.
Тонколистовой горячекатаный и холоднокатаный	19904-90	
Трубы		
Стальные бесшовные горячекатаные и холоднокатаные	8732-78 8734-75	Цилиндры, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы.

Получение штучных заготовок производят резкой проката. Методы резки проката, их точность и область применения приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Методы резки проката и их точность

Метод резки проката	Точность резки, мм	Область применения
1	2	3
Газовая резка		
Ацетилено-кислородная	При ручной резке от $\pm 4$ до $\pm 10$ ; при машинной – от $\pm 1$ до $\pm 2$	Резка заготовок различной конфигурации из листового проката толщиной до 200 мм
Кислородная		Резка заготовок различной конфигурации из листового проката толщиной 100 мм, профильного проката, труб (с наружным диаметром от 150 до 300 мм и толщиной стенок до 16 мм), листового проката с одновременной подготовкой X- или U-образных кромок
Кислородно-флюсовая		Резка заготовок из проката, выполненного из хромоникелевых и коррозионно-стойких сталей (толщиной до 450 мм), чугуна, цветных металлов и сплавов

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3
Плазменно-дуговая	От $\pm 1$ до $\pm 6$	Резка заготовок из проката толщиной до 100 мм, выполненного из низкоуглеродистых, легированных сталей и цветных металлов
Резка на ножницах		
На пресс-ножницах с прямыми и фасонными ножами	От $\pm 1$ до $\pm 6$	Резка листового и полосового проката толщиной до 25 мм, квадратного и круглого проката диаметром до 200 мм, углового проката
На гильотинных	От $\pm 0,25$ до $\pm 3$	Резка листового и полосового проката толщиной до 20 мм и шириной до 1500 мм
На дисковых с параллельными осями	От $\pm 0,25$ до $\pm 0,6$	Резка листового проката толщиной до 20 мм шириной до 300 мм
На дисковых с наклонными осями	От $\pm 0,4$ до $\pm 1$	Резка листового проката толщиной 6 ~ 8 мм для заготовок с контурами, очерченными кривыми и прямыми линиями. Наименьший радиус составляет от 0,4 до 0,7 диаметра дискового ножа
На многодисковых с параллельными осями	до $\pm 0,25$	Одновременная резка широкой ленты (до 1500 мм) на узкие и листов на полосы. Толщина проката от 0,5 до 4 мм
Вибрационных	От $\pm 0,25$	Резка листового проката для заготовок малым радиусом кривизны
Разрезка на механических и гидравлических прессах	От $\pm 2$ до $\pm 4$	Разрезка в штампах проката диаметром до 30 мм

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3
Резка на пилах и ножовках		
На дисковых	От $\pm 0,4$ до $+3$	Резка круглого проката больших сечений
На ленточных	От $\pm 1,5$ до $\pm 5$	Резка проката любого профиля из стали* цветных металлов диаметром до 250. Ширина реза от 0,8 до 1,3 мм
На приводных ножовках	От $\pm 2$ до $\pm 4,5$	Резка круглого и профильного проката диаметром до 300 мм. Ширина реза от 1 до 3,5 мм
На фрикционных и электрофрикционных ножовках	От $\pm 1,6$ до $\pm 5$	
Отрезка на отрезных станках и установках		
На фрезерно-отрезных	От $\pm 2,5$ до $\pm 4,5$	Отрезка круглого и профильного проката диаметром до 500 мм на универсальных станках и диаметром до 800 мм на специальных
На токарно-отрезных	От $\pm 0,3$ до $\pm 0,8$	Отрезка прутков и труб диаметром до 80 мм
На горизонтально-фрезерных	От $\pm 0,4$ до $\pm 0,7$	Отрезка проката размером до 60 мм
На абразивно-отрезных	От $\pm 0,3$ до $\pm 0,7$	Отрезка проката с высокой твердостью. Применяют абразивные круги диаметром от 30 до 500 мм и толщиной от 0,5 до 4 мм и алмазные круги диаметром от 50 до 320 мм и толщиной от 0,15 до 2 мм
На анодно-механических	От $\pm 0,15$ до $\pm 0,3$	Отрезка проката с высокой твердостью диаметром от 200 до 250 мм. При применении вместо дисков стальной ленты толщиной от 1 до 2 мм и шириной от 15 до 20 мм или стальной проволоки от 2 до 2,5 мм можно осуществлять фигурную вырезку заготовок

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3
На электроэрозионных	Черновая: от $\pm 0,5$ до $\pm 2$ ; чистовая: от $\pm 0,03$ до $\pm 0,2$	Отрезка круглого проката и труб, выполненных из стальных и твердосплавных материалов. При применении латунной проволоки диаметром от 0,05 до 0,3 мм можно осуществлять фигурную вырезку
На электронно-лучевых	От $\pm 0,01$ до $\pm 0,05$	Фигурная отрезка небольших заготовок из металлов, полупроводниковых и изоляционных материалов.
На лазерных	От $\pm 0,001$ до $\pm 0,05$	Фигурная отрезка заготовок из любых материалов.

Сварные конструкции по сравнению с литыми и коваными имеют на 30 - 60 % меньшую массу, малую трудоемкость изготовления, более высокие физико-механические характеристики, позволяют уменьшить объем механической обработки. Сварные заготовки и узлы изготавливают из проката (листы, трубы, профили), а также из литых, кованных и штампованных элементов. Сварные заготовки состоят из отдельных частей (элементов), выполненных с применением различных материалов и соединенных с помощью методов сварки. Неправильная конструкция заготовки или неверная технология сварки могут привести к дефектам (коробление, пористость, внутренние напряжения), которые трудно исправить механической обработкой. Материалы составных элементов сварных конструкций должны обладать свариваемостью - способностью к образованию сварного соединения, равнопрочного с основным металлом, без трещин и снижения пластичности. При использовании сварных заготовок возможно применение различных материалов, так ответственные поверхности детали могут быть выполнены из легированных сталей. Для уменьшения коробления заготовок из-за перераспределения внутренних напряжений механическую обработку производят после термической обработки – высокого отпуска, производимого при температуре от 550 °С до 680 °С.

### 5.3 Техничко-экономическое обоснование метода получения заготовки

При выборе метода получения исходной заготовки необходимо наметить два-три альтернативных метода, а затем выбрать из них наиболее оптимальный.

Критерием оптимальности служит стоимость исходной заготовки, которая зависит от принятого метода получения заготовки и от стоимости реализуемой части отходов. Заготовки, имеющие различную конфигурацию, имеют также различный объем последующей механической обработки. На некоторых поверхностях детали могут иметься напуски, то есть слои материала, необходимые для упрощения формы исходной заготовки. Как правило, на заготовках отсутствуют такие элементы детали как – мелкие отверстия, зубчатые и шлицевые поверхности, узкие пазы, канавки и т.п. При этом стоимость заготовки должна включать стоимость черновой механической обработки, необходимой для снятия напусков.

$$C_3 = m_3 \cdot q_3 - m_{omx} \cdot q_{omx} + C \frac{t}{60} \left(1 + \frac{H}{100}\right),$$

где  $m_3$  - масса заготовки, кг;

$m_{omx}$  - масса отходов, кг;

$q_3$  - стоимость материала, в зависимости от метода получения заготовки, руб/кг;

$q_{omx}$  - стоимость отходов, руб./кг;

$C$  – средняя часовая тарифная ставка основных рабочих, руб./час;

$t$  - время черновой обработки, мин;

$H$  – цеховые накладные расходы, руб.

Масса заготовки укрупнено определяется по массе детали с учетом среднего коэффициента использования материала

$$m_3 = \frac{m_0}{K_{им}}$$

Средние значения коэффициента использования материала приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Коэффициенты использования материала для некоторых методов получения заготовок

Метод получения заготовки	Коэффициент использования материала
Чугунное литье в песчаные формы	0,60 – 0,90
Стальное литье в песчаные формы	0,50 – 0,85
Центробежное литье цветных и черных сплавов	0,70 – 0,95
Литье по выплавляемым моделям	0,90 – 0,95
Литье под давлением	0,40 – 0,90
Литье в кокиль, оболочковые формы, электрошлаковое	0,80 – 0,90
Штамповка (в закрытых штампах) на прессах, молотах	0,85 – 0,95
Холодная объемная штамповка	0,85 – 0,95
Штамповка заготовок из специальных профилей проката	0,60 – 0,85
Штамповка полых слитков	0,70 – 0,87
Свободная ковка слитков, проката	0,35 – 0,45
Сварные заготовки	0,85 – 0,95
Порошковая металлургия	0,90 – 0,95

Более точно масса заготовки может быть определена с учетом общих припусков на механическую обработку. На данном этапе проектирования технологического процесса общие припуски следует определять: для отливок по ГОСТ 26645-85, для штамповок по ГОСТ 7505-89. При этом сначала определяется объем заготовки, а затем ее масса. Если в курсовом или дипломном проектировании используются

CAD/CAM системы, то масса заготовки может быть получена из соответствующих модулей этих систем.

Масса отходов определяется как разность массы заготовки и детали (масса детали обычно приводится на ее чертеже)

$$m_{отх} = m_з - m_д.$$

Стоимость заготовки в зависимости от метода ее получения и стоимость отходов приведены в [4].

#### **5.4 Определение конфигурации и допусков исходной заготовки**

Одним из этапов проектирования исходной заготовки является определение ее конфигурации. По различным причинам ряд конструктивных элементов заготовки не может быть получен при ее изготовлении. К таким элементам относятся: отверстия небольшого диаметра, ступени тел вращения при небольшом перепаде диаметров соседних ступеней, фаски, канавки, пазы, шлицы, зубья и т.п. Определение конфигурации исходной заготовки сводится к решению вопроса о целесообразности получения тех или иных ее конструктивных элементов.

При определении конфигурации исходной заготовки следует руководствоваться следующими положениями:

- наименьшие размеры отверстий, проливаемых в чугунных заготовках) зависят от длины отверстий (толщины стенки отливки) и составляют 10 мм при длине от 8 до 10 мм, 15 мм при длине от 20 до 30 мм, 18 мм при длине от 40 до 50 мм, для стальных отливок эти значения увеличивают в два раза;
- отверстия в штампованных поковках выполняют, если ось отверстия параллельна ходу ползуна пресса при их диаметре не менее 30 мм при условии, что длина отверстия не более трех его диаметров.

Все поверхности детали с шероховатостью, определяемой методом получения заготовки, должны присутствовать на заготовке.

После определения конфигурации необходимо назначить допуски размеров исходной заготовки. Значения допусков требуются для правильного выбора методов обработки поверхностей детали. Предварительно следует на эскизе заготовки про-ставить все размерные линии, однозначно определяющие ее форму. Все необходи-мые данные для определения допусков исходных заготовок приведены в приложе-нии А, а также в соответствующих стандартах.

### 5.5 Требования к графическому изображению исходной заготовки

Изображение исходной заготовки с техническими требованиями должно со-держать все данные, необходимые для изготовления.

В графе основной надписи чертежа под наименованием детали записывается вид заготовки - "отливка" или "поковка".

Для поковок внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также от-верстий, впадин, выточек, не выполняемых в заготовке, вычерчивается тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками (ГОСТ 3.1126-88), рисунок 5.1.

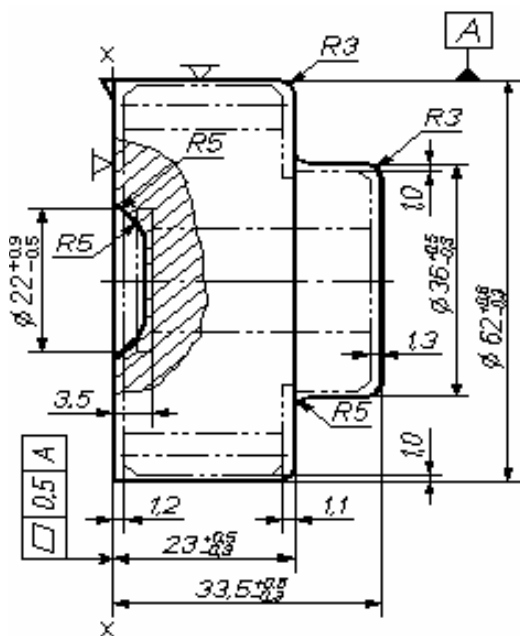


Рисунок 5.1 - Исходная заготовка (поковка)

Для отливок внутренний контур обрабатываемых поверхностей вычерчивается сплошной тонкой линией. (ГОСТ 3.1125-88), рисунок 5.2.



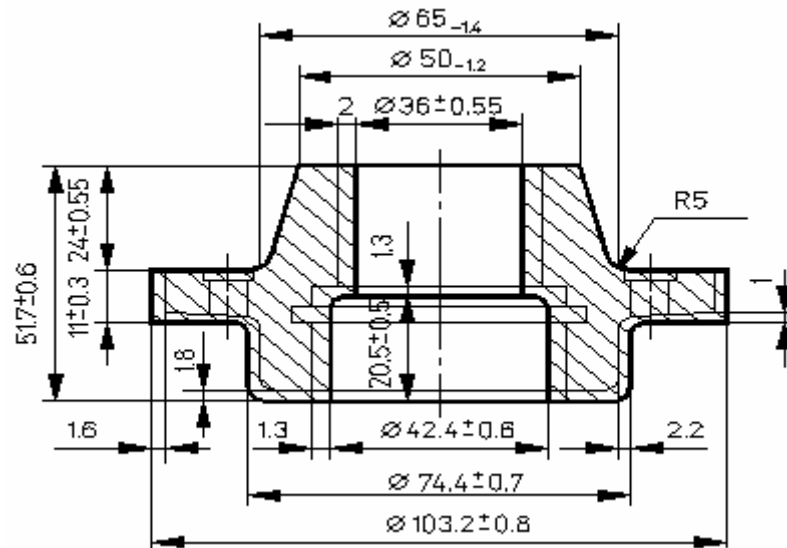


Рисунок 5.2 - Исходная заготовка (отливка)

Линия отрезки должна соответствовать способу отрезки: при отрезке резцом, дисковой фрезой, пилой и т.д. она выполняется сплошной линией, при огневой резке или обламывании - сплошной волнистой линией.

На свободном поле чертежа над основной надписью приводятся технические требования, содержание которых должно отражать:

- 1) материал заготовки - марка и стандарт;
- 2) твердость материала (предельные значения);
- 3) нормы точности заготовки, с указанием стандарта;
- 4) требования к предварительной обработке поверхностей, являющихся черновыми базами;
- 5) величины допускаемых поверхностных дефектов (для обрабатываемых поверхностей не более 2/3 припуска на обработку, для необрабатываемых – не более 2/3 допуска исходной заготовки).

Для отливок необходимо указать нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения отливки.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности

ности массы с допуском смещения 0,8 мм: точность отливки 8-5-4-7 См 0,8 ГОСТ 26645-85. В технических требованиях на отливки допускается указывать сокращенную номенклатуру норм точности отливки, при этом указание класса размерной точности и класса точности массы отливки является обязательным, например:

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

Для поковки должны быть указаны: класс точности, группа стали, степень сложности, например: класс точности поковки - Т2, группа стали - М2, степень сложности - С3 ГОСТ 7505-89.

Графическое изображение исходной заготовки выполняется после определения припусков на обработку и размеров заготовки.

Если деталь изготавливается резкой проката, то графическое изображение исходной заготовки не вычерчивается, а приводится в пояснительной записке в виде эскиза.

## **6 Выбор технологических баз**

Этап выбора технологических баз является одним из наиболее ответственных этапов проектирования технологического процесса. От качества его выполнения во многом зависит точность детали и себестоимость ее изготовления. Базирование – это придание заготовки или изделию определенного положения относительно выбранной системы координат. Поверхности, оси, точки или их сочетание, используемые для базирования, называют базами. Технологические базы – базы, применяемые в процессе изготовления или ремонта изделий. Система координат, относительно которой определяется положение заготовки, при этом связана с технологической системой. Совокупность трех баз образует комплект баз. Выбор технологических баз сводится к определению комплектов баз для обработки поверхностей заготовки на различных этапах процесса обработки.

При выборе баз используются два основных принципа:

- а) принцип единства баз:
- б) принцип постоянства баз.

Поверхности заготовки, получаемые в результате обработки, занимают определенное положение относительно технологических баз. Поэтому в качестве технологических баз необходимо выбирать те поверхности, относительно которых задана точность относительного расположения и расстояния обрабатываемых поверхностей. Таким образом, принцип единства баз заключается в использовании в качестве технологических баз измерительных баз детали. При этом точность детали обеспечивается кратчайшим путем. Например, для получения с требуемой точностью размера  $90 \pm 0,05$  (рисунок 6.1) при обработке отверстия диаметром  $20H7$  в качестве технологических баз следует принять ось отверстия диаметром  $25H7$ , поскольку именно она является измерительной базой. Выбранный для обработки отверстия метод должен обеспечивать точность получения координатного размера не менее  $0,1$  мм.

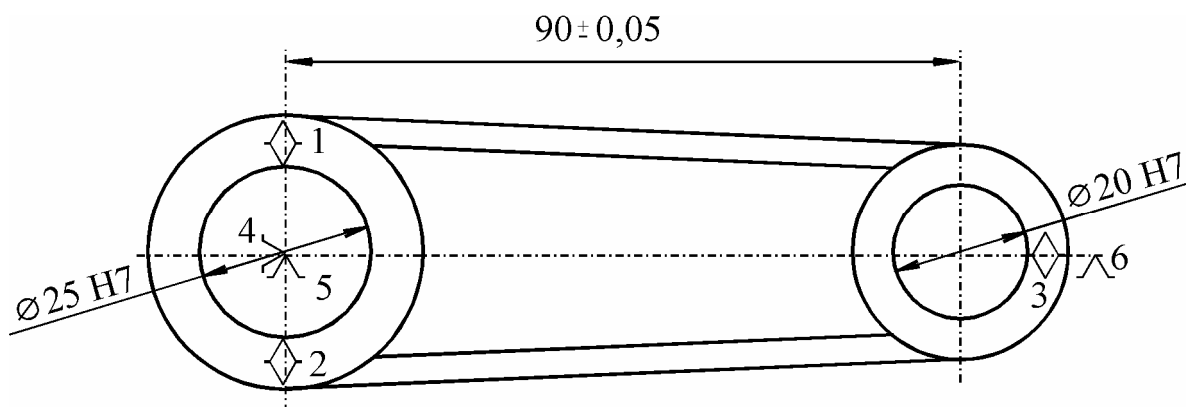


Рисунок 6.1 – Реализация принципа единства баз

В некоторых случаях более целесообразным оказывается применение принципа постоянства баз. В этом случае в качестве технологических баз при обработке различных поверхностей используются одни и те же базы. Точность детали обеспечивается косвенным образом. Положение обработанных поверхностей определено относительно постоянных баз, а следовательно и относительно друг друга. На рисунке 6.2 показана реализация принципа постоянства баз. Отверстия диаметром  $20H7$  и  $25H7$  обрабатываются от постоянных баз, в качестве которых использована наружная поверхность бобышки большего диаметра. При этом точность размера  $90 \pm 0,05$  также будет получена.

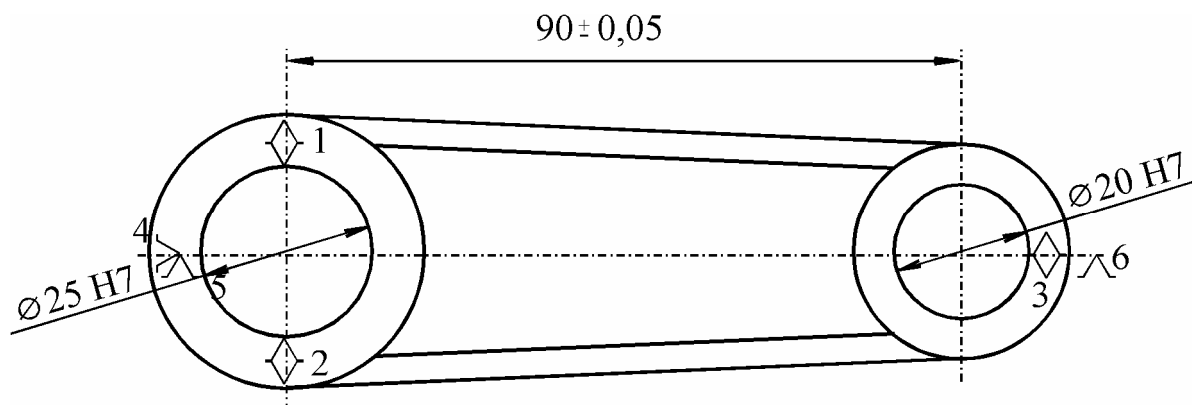


Рисунок 6.2 – Реализация принципа постоянства баз

Таким образом, задача выбора технологических баз является многовариантной задачей и требует рассмотрения нескольких вариантов. Лучший из них может быть выбран на основе размерного анализа вариантов технологического процесса.

Выбор технологических баз рекомендуется производить в следующей последовательности:

- выбор технологических баз для обработки большинства поверхностей;
- выбор технологических баз для первой технологической операции;
- выбор технологических баз для обработки прочих поверхностей.

При выборе технологических баз для обработки большинства поверхностей детали предполагается использование принципа постоянства баз. Это позволяет, в частности, уменьшить число единиц применяемой оснастки, число технологических операций. Для такого выбора необходимо изучить размерные связи детали, что удобнее всего выполнить с помощью графа размерных связей. Пример построения графа для детали (рисунок 6.3) представлен на рисунке 6.4.

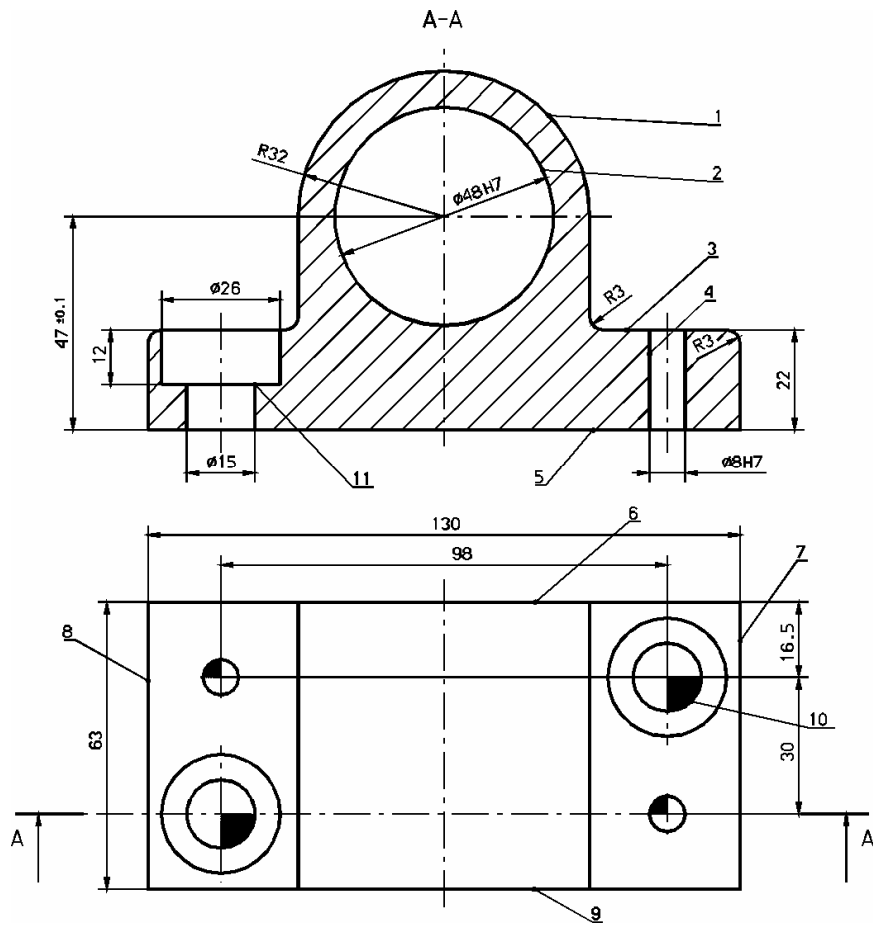
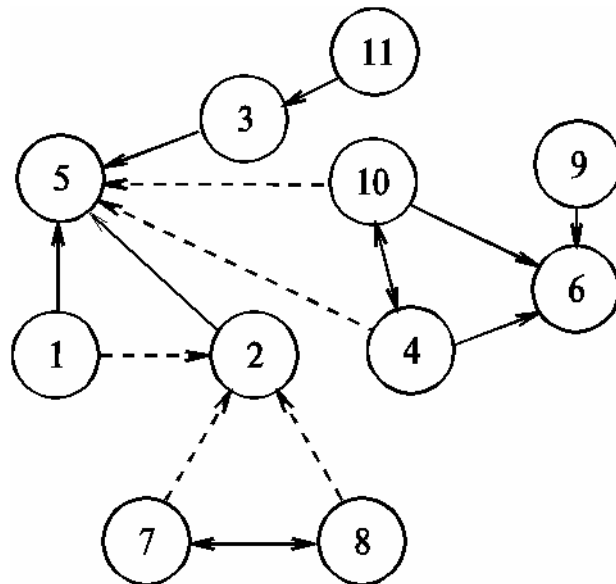


Рисунок 6.3 – Чертеж детали



Штриховыми линиями показаны (скрытые) подразумеваемые связи

Рисунок 6.4 – Граф размерных связей детали

Из графа размерных связей следует, что большее число поверхностей определено относительно поверхности 5 – основания корпуса. Использование этой поверх-

ности в качестве технологической базы на большинстве операций (рисунок 6.5) позволит в полной мере реализовать принципы постоянства и единства баз в проектируемом технологическом процессе. Чаще всего, поверхностями, используемыми в качестве единых технологических баз на большинстве операций, являются основные конструкторские базы детали.

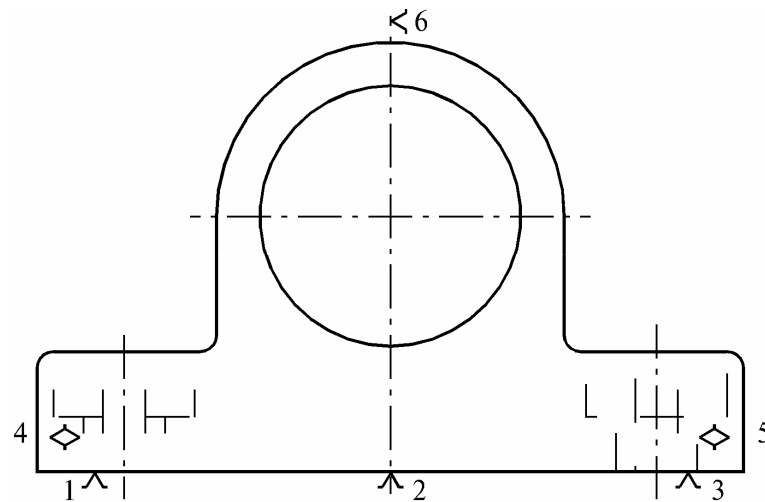


Рисунок 6.5 – Схема базирования заготовки корпуса на большинстве операций

Особое значение имеет выбор технологических баз для первой операции. За счет этого решаются две основные задачи: определение положения обрабатываемых поверхностей детали относительно необрабатываемых; распределение припусков на обработку между поверхностями заготовки. Например, для детали, показанной на рисунке 6.3, важно обеспечить верное положение оси отверстия диаметром 48H7 относительно наружного (необрабатываемого) контура. Необходимо также получить одинаковую толщину лапок детали, получаемую за счет параллельности обрабатываемой плоскости основания 5 относительно необрабатываемой поверхности 3. На рисунке 6.6 показаны детали с неверным положением обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей, а на рисунке 6.7 схемы базирования, позволяющие решить задачи по определению относительного расположению обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей.

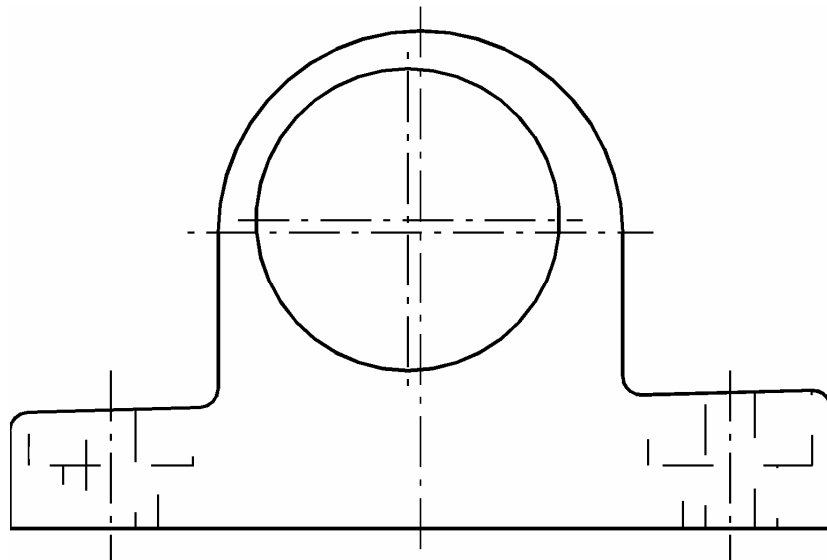
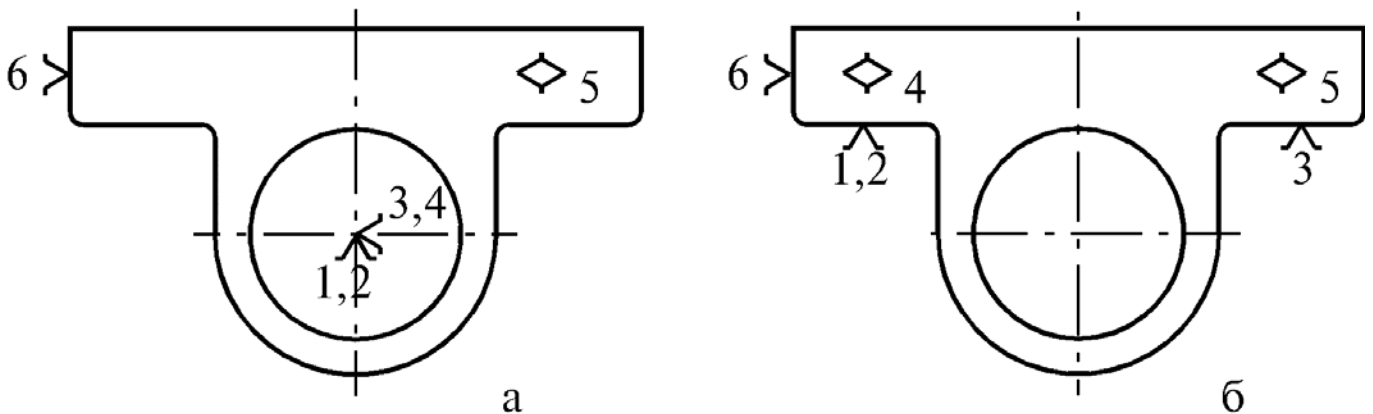


Рисунок 6.6 – Деталь с неопределенным расположением обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей



а - обеспечение требуемого положения наружного контура;

б - обеспечение требуемой толщины лапок;

Рисунок 6.7 – Схемы базирования, обеспечивающие верное расположение обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей

Другой задачей, решаемой за счет выбора баз на первой технологической операции, является задача распределения припусков между поверхностями детали. Необходимость решения такой задачи появляется в том случае, когда на какой - либо поверхности следует сохранить ценные слои материала путем снятия с нее в последующих операциях равномерного минимального припуска. Если с поверхности 5

детали на рисунке 6.3 необходимо снять минимальный и равномерный припуск с целью сохранения на ней ценных слоев материала, полученных на стадии изготовления заготовки, то именно ее и следует принять в качестве базы на первой технологической операции (рисунок 6.8).

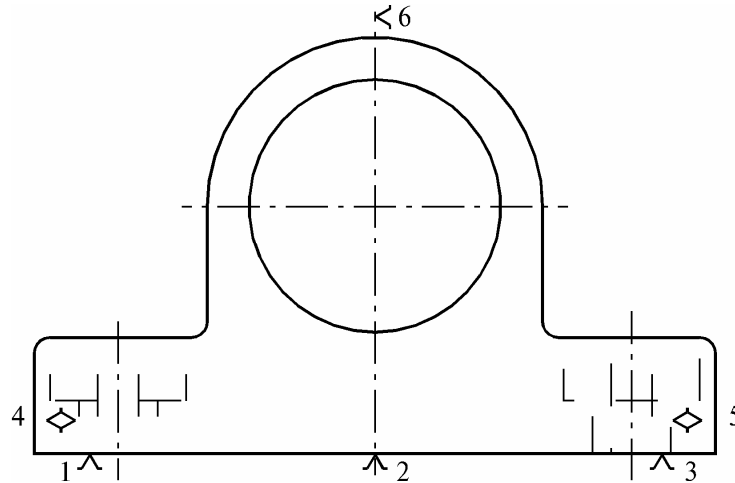


Рисунок 6.8 – Схема базирования на первой технологической операции, позволяющая сохранить на поверхности ценные слои материала

Аналогичная задача возникает, когда с целью повышения производительности и качества обработки необходимо предусмотреть равномерный припуск при обработке пролитых или прошитых отверстий. В этом случае технологической базой должна быть ось данного отверстия (рисунок 6.9).

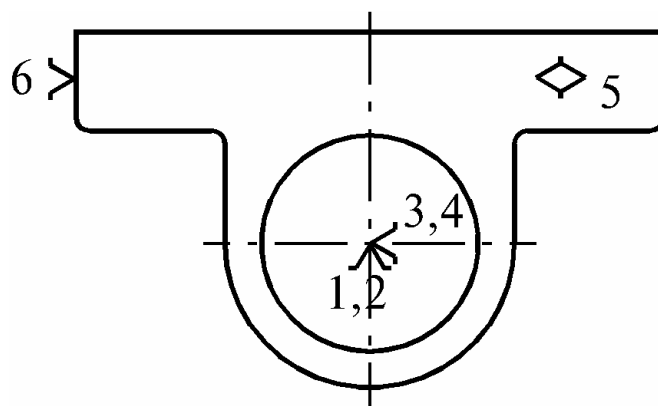


Рисунок 6.9 - Схема базирования на первой технологической операции, позволяющая обеспечить равномерность припуска при обработке отверстия



Таким образом, для решения задач, решаемых за счет выбора технологических баз на первой операции, необходимо в качестве баз использовать те поверхности, относительно которых необходимо определить положение обрабатываемых поверхностей или поверхности, с которых в процессе дальнейшей обработки должен быть снят припуск определенной величины. В качестве технологических баз, используемых в первой технологической операции, желательно использовать поверхности, имеющие наибольшие габаритные размеры и малые отклонения формы. В качестве черновых баз не следует использовать поверхности, на которых расположены в отливках приливы и литники, а также такие поверхности, через которые проходят плоскости разъема опок и пресс-форм для получения отливок и плоскости разъема штампов для поковок. Это позволит уменьшить погрешность установки заготовки. Не допускается повторная установка заготовки на «черные» базы, это может привести к получению детали со значительными отклонениями расположения поверхностей.

Не все поверхности детали проходят обработку в первой операции и на большинстве операций, В таких случаях возникает необходимость выбора технологических баз для обработки поверхностей, не прошедших обработку. Например, все шейки вала (рисунок 6.10) могут быть обработаны от постоянных технологических баз (центровых отверстий).

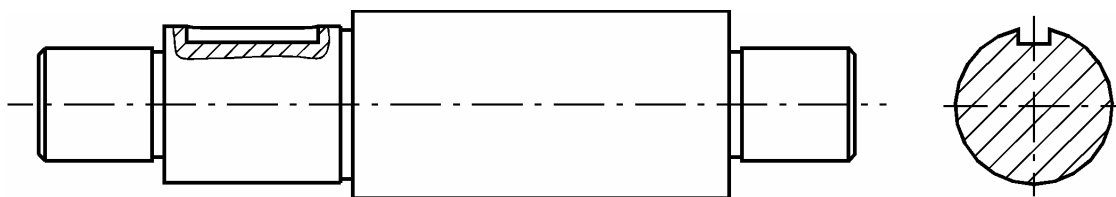


Рисунок 6.10 – Вал

От тех же баз может быть обработан и шпоночный паз, но при этом жесткость технологической системы будет малой и отклонение от симметричности паза относительно оси шейки не будет гарантированным. Поэтому для обработки шпоночно-

го паза в качестве технологической базы удобнее использовать шейку вала, на которой он расположен (рисунок 6.11).

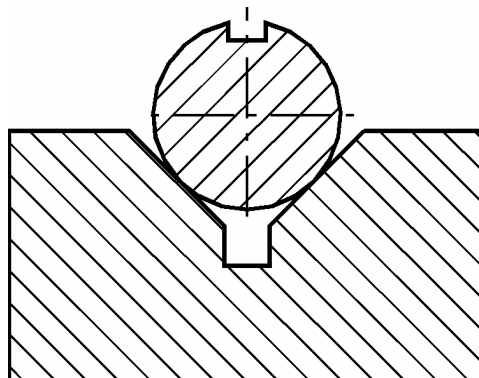


Рисунок 6.11 – Приспособление, обеспечивающее симметричность паза

При применении в проектируемом технологическом процессе многоцелевых станков, обладающих большими возможностями, широко используется принцип концентрации переходов. Тогда весь технологический процесс или его большая часть производится в пределах одной операции с одной установки заготовки от «черных» баз. Технологические базы в таких случаях следует выбирать таким образом, чтобы обеспечить доступ режущего инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. При этом должны быть учтены характеристики оборудования: расположение шпинделя (горизонтальное, вертикальное), возможность поворота стола, емкость инструментального магазина. Для детали, которая представлена на рисунке 6.12, одна из возможных схем базирования, позволяющая реализовать принцип концентрации переходов, показана на рисунке 6.13. Используемый многоцелевой станок имеет горизонтальный шпиндель и возможность поворота стола вокруг вертикальной оси.

Решить одновременно все задачи, связанные с выбором технологических баз не представляется возможным, поэтому при выборе баз следует рассматривать несколько вариантов. Оценка вариантов необходимо производить с учетом важности решаемых задач. В пояснительной записке следует произвести обоснование выбора технологических баз. Привести теоретические схемы базирования заготовки на раз-

личных этапах технологического процесса: для большинства операций, для первой операции, для обработки прочих поверхностей.

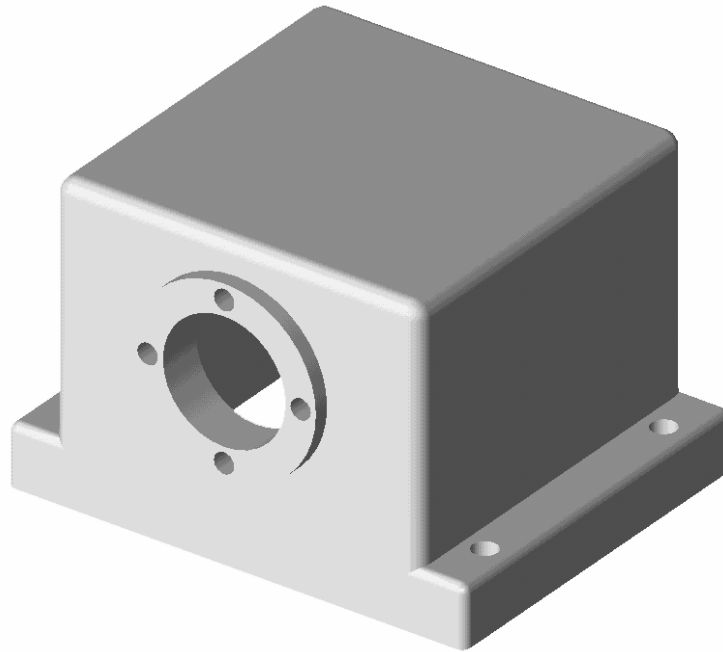


Рисунок 6.12 – Корпусная деталь

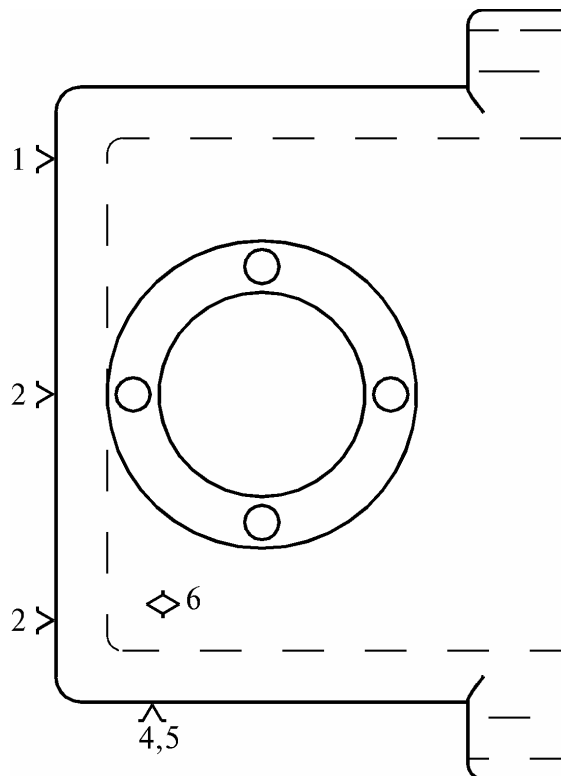


Рисунок 6.13 – Схема базирования корпуса при обработке на многоцелевом станке

Одной из особенностей технологических баз является широкое применение скрытых баз в виде осей, плоскостей симметрии и т.п. Такие базы реализуются за счет применения самоцентрирующих зажимных элементов установочных приспособлений.

## **7 Выбор методов и количества необходимых переходов обработки**

Задачей любого технологического процесса механической обработки заготовки является превращение исходной заготовки в готовую деталь, к которой предъявляются требования, определяемые чертежом детали. На данном этапе разработки технологического процесса выбираются методы обработки каждой поверхности заготовки, и определяется количество необходимых переходов.

Как правило, для обработки любой поверхности возможно применение нескольких альтернативных методов. Выбор того или иного варианта обработки определяется следующими факторами:

- видом поверхности;
- требуемой точностью обработки;
- типом производства;
- степенью доступности поверхности;
- размерами поверхности;
- соотношением размеров поверхности.

Наиболее существенным фактором является вид поверхности. Для обработки наружных цилиндрических поверхностей используются: точение, круглое наружной шлифование и другие методы. Для обработки отверстий применяются: сверление, зенкерование, развертывание, растачивание и др. Обработка плоских поверхностей производится фрезерованием, строганием, плоским шлифованием и др. Специфические методы используются для обработки зубчатых, шлицевых и других фасонных поверхностей.

Чем точнее поверхность, тем более точный метод следует применять для ее обработки. Например, для обработки отверстия по 12 качеству точности достаточно применить сверление или черновое растачивание, для обработки отверстия по 7 качеству точности следует применять развертывание или тонкое растачивание.

В условиях массового производства используются наиболее производительные методы обработки, требующие специального оборудования и режущего инструмента. В единичном производстве такие методы окажутся экономически необоснованными. Для обработки плоской поверхности в массовом производстве возможно применение плоского протягивания. Плоское протягивание является одним из самых производительных методов, но данный метод требует применения дорогого специального инструмента. В условиях единичного или серийного производства более эффективным окажется фрезерование.

Применяемые методы обработки определяются также степенью доступности поверхности. Например, для обработки сквозной плоской поверхности 1 (рисунок 7.1) можно применить фрезерование торцовыми фрезами, для обработки уступа 2 - фрезерование концевой фрезой или строгание.

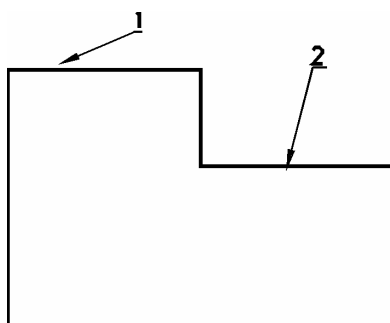


Рисунок 7.1 – Различные по доступности инструмента плоскости

Для обработки зубьев большого венца зубчатого блока (рисунок 7.2) применяется фрезерование червячной модульной фрезой, как наиболее производительный. Обработка меньшего венца на той же детали возможно только зубодолблением, поскольку при фрезеровании червячной фрезой нет возможности для выхода инструмента.

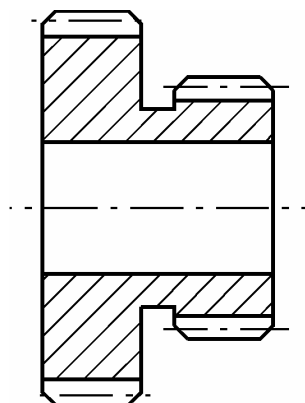


Рисунок 7.2 – Различные по доступности инструмента зубчатые венцы

Эффективность того или иного метода определяется размерами обрабатываемой поверхности. Так обработка отверстий небольшого размера (не более 50 мм) производится осевым инструментом: сверлами, зенкерами, развертками. Обработка отверстий большего размера обычно производится растачиванием.

В некоторых случаях на выбор метода обработки влияет соотношение размеров поверхностей. Обработка длинных и узких плоских поверхностей наиболее производительно производится строганием, а для поверхностей с примерно одинаковым соотношением длины и ширины эффективнее фрезерование.

Существующий уровень развития техники и технологии не позволяет осуществить переход от сравнительно неточной исходной заготовки к детали в результате применения единственного метода обработки. Это объясняется тем, что на процесс обеспечения точности действует множество факторов: податливость технологической системы, колебания припусков и механических характеристик обрабатываемых заготовок, размерный износ инструмента, температурные деформации, квалификация оператора и другие. В машиностроительной практике для достижения требуемой точности в настоящее время используется многостадийная обработка, то есть разделение обработки конкретной поверхности на черновую, чистовую, отделочную. При этом погрешности заготовки прогрессивно уменьшаются от одного технологического перехода к другому. Непосредственный переход от заготовки к детали возможен при применении точных заготовок и использовании современных технологических систем, обладающих высокой жесткостью и точностью. Таким образом, второй задачей, возникающей при проектировании технологии, является выбор необходимого числа технологических переходов.

В качестве исходных данных при выборе методов обработки и числа переходов выступает точность размеров исходной заготовки и точность детали. Выбор методов производится для каждой из поверхностей детали в порядке обратном процессу обработки. Выбор следует начинать с наиболее точных поверхностей. С целью уменьшения времени на выбор методов желательно сгруппировать поверхности одного вида, имеющие одинаковую точность. При выборе методов обработки и числа технологических переходов используются статистические данные по точности. Такие данные приводятся в таблицах средней или средней экономической точности обработки (приложение Б, а также [3]). В таблицах приводятся параметры точности обеспечиваемые различными методами: точность размеров, отклонения расположения и формы, шероховатость.

При выборе методов обработки необходимо руководствоваться тем, что каждый технологический переход позволяет улучшить точность на несколько квалитетов. Для черновых методов возможно увеличение точности на 3 - 4 квалитета, для чистовых и отделочных – на 1 - 2. Это объясняется влиянием на точность большего числа факторов при чистовых и отделочных переходах. Так при черновой обработке такие факторы как размерный износ, температурные деформации не оказывают на точность существенного влияния.

Сначала определяется метод, позволяющий получить конечную точность детали. При этом возможно, что требуемая точность какой-либо поверхности детали получена на стадии получения исходной заготовки. В этом случае механической обработки данной поверхности не требуется. По таблицам средней экономической точности обработки выбирают несколько методов, обеспечивающих требуемую точность. На основе качественного сравнения из этих методов выбирают один, характеризующийся наибольшей производительностью и экономичностью. При этом учитываются также тип производства, размеры поверхности и другие факторы. Если выбранный метод является черновым, то данный технологический переход будет единственным.

Если для обработки поверхности требуется более одного перехода, определяются методы обработки, предшествующие окончательному, обеспечивающие точ-

ность грубее на 1-2 квалитета. Методика выбора предшествующего перехода та же, что и для окончательного. Затем, если предшествующий метод не является черновым, выбирают метод обработки для следующего предварительного перехода. Процесс выбора продолжается до тех пор, пока выбранный метод не окажется черновым, то есть применяемым для заготовки. В качестве меры количественной оценки точности должен использоваться наиболее жесткий параметр точности поверхности.

О правильности выбранных методов обработки можно судить по изменению значений уточнений. Величина уточнения показывает, во сколько раз увеличивается точность в результате выполнения перехода. Величина уточнения определяется отношением допуска до обработки к допуску после обработки.

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i-1}}{T_i}.$$

При правильном распределении допусков по переходам, значения уточнений не должны увеличиваться по мере выполнения переходов.

$$\frac{T_0}{T_1} \geq \frac{T_1}{T_2} \geq \dots \geq \frac{T_{i-1}}{T_i}.$$

В качестве примера рассмотрим выбор методов и количества переходов для обработки отверстия диаметром 35Н6 мм в детали "втулка" (рисунок 7.3). Допуск на диаметральный размер для 7 квалитета составляет 25 мкм, а шероховатость не должна превышать  $R_a = 1,6$  мкм. Деталь производится крупными сериями. В качестве заготовки выбрана поковка, полученная на ГКМ. Отверстие в заготовке прошивается с допуском 1600 мкм, что соответствует 16 квалитету, и имеет шероховатость  $R_a=50$  мкм.



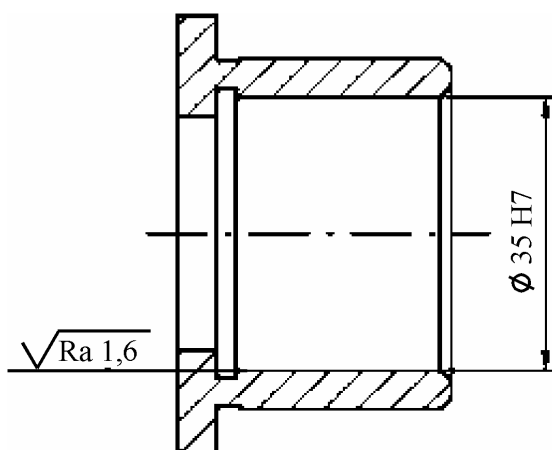


Рисунок 7.3 – Втулка

Для получения требуемой точности детали можно применить следующие методы:

- 1) развертывание тонкое;
- 2) протягивание чистовое;
- 3) шлифование окончательное;
- 4) растачивание тонкое;
- 5) раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание.

Все эти методы необходимо сравнить по производительности и себестоимости.

Тонкое развертывание – метод, позволяющий обеспечить высокую производительность, но в данном случае его применить невозможно, так как отверстие ступенчатое и получить требуемую точность на всей длине поверхности невозможно. По той же причине невозможно применить протягивание, шлифование, калибрование и раскатывание.

Тонкое растачивание и алмазное выглаживание имеют примерно одинаковую производительность. Но стоимость алмазного выглаживания несколько выше. Таким образом, для достижения конечной точности следует использовать тонкое растачивание.

Достижение точности 7 квалитета указанным методом будет целесообразно только в том случае, если ему будут предшествовать предварительные переходы. Перед тонким растачиванием точность размера отверстия должна быть на 1-2 ква-

литета грубее. Обработку отверстия по 8 качеству можно произвести следующими методами:

- 1) развертывание точное;
- 2) протягивание чистовое;
- 3) растачивание чистовое.

По тем же соображениям для обработки по 8 качеству используется чистовое растачивание. Обработка по 8 качеству будет эффективной, если ей предшествует точность отверстия грубее на 2-3 качества. Для обработки по 10-12 качеству возможно применить следующие методы:

- 1) сверление, рассверливание;
- 2) зенкерование черновое прошитого отверстия;
- 3) развертывание нормальное;
- 4) протягивание черновое;
- 5) растачивание черновое.

Рассверливание применять нежелательно, поскольку условия работы сверла по корке неудовлетворительны. Обработка осевым инструментом – зенкерование, развертывание невозможна. Протягивание также не может быть применено, так как отверстие несквозное. Единственный метод предварительной обработки – растачивание черновое.

Таким образом, обработка отверстия диаметром 35 Н7 мм может производиться следующими методами:

- 1) растачивание черновое (Н12,  $R_a=12,5$ );
- 2) растачивание чистовое (Н8,  $R_a=3,2$ );
- 3) растачивание тонкое (Н6,  $R_a=1,6$ ).

Уточнения по переходам:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_0}{T_1} = \frac{T_{заг}}{T_1},$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1,6}{0,25} = 6,4,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2},$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,25}{0,039} = 6,4,$$

$$\varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3} = \frac{T_2}{T_{дет}},$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,039}{0,016} = 2,43.$$

Значения уточнений не увеличиваются, что свидетельствует о правильности назначения переходов.

## **8 Формирование маршрутного технологического процесса изготовления детали**

После определения технологических баз, выбора методов и числа переходов обработки каждой поверхности необходимо наметить общую последовательность обработки детали и сформировать технологические операции.

При определении последовательности обработки необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1) на первой (или первых) операциях обычно производится обработка тех поверхностей, которые затем используются в качестве технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки;

2) сначала произвести черновую обработку всех поверхностей, затем перейти к чистовой, а затем к отделочной обработке;

3) наиболее ответственные переходы, связанные с достижением наибольшей точности, а также обработку легко деформируемых поверхностей необходимо производить в конце технологического процесса;

4) следует выдерживать определенную технологическую последовательность обработки.

Последовательность обработки поверхностей детали напрямую зависит от выбранных технологических баз и задач, решаемых за счет этого выбора. Поэтому сначала производится подготовка технологических баз, используемых на более поздних этапах технологического процесса. Например, при разработке технологического процесса обработки вала необходимо сначала предусмотреть обработку центровых гнезд, используемых в дальнейшем при токарной обработке шеек вала. В технологическом процессе обработки корпуса сначала следует обработать основание корпуса, при разработке технологии изготовления зубчатого колеса сначала готовятся базы в виде центрального отверстия и торца.

На стадии черновой обработки снимается основная часть припуска, происходит перераспределение внутренних напряжений, возникают значительные температурные деформации заготовки. Снятие значительной части припуска с поверхности позволяет выявить неисправимый брак этой поверхности, обусловленный несовершенством технологических процессов получения заготовок. Обработка всех поверхностей черновыми методами позволяет выровнять внутренние напряжения и уменьшить их действие на точность детали. Разделение черновой и чистовой обработки позволяет также уменьшить влияние на точность температурных деформаций.

Окончательная обработка точных ответственных и легкодеформируемых поверхностей выполняется в конце технологического процесса. Это производится с целью предупреждения деформаций поверхностей, прошедших окончательную обработку, от действия опорных и зажимных элементов приспособлений, от деформаций, появляющихся при транспортировке заготовок. Упрочняющая термическая обработка производится перед отделочными переходами, что не приводит к существенному увеличению трудоемкости чистовой обработки и дает возможность исправить искажение поверхностей, появляющееся после термообработки.

При определении последовательности обработки поверхностей необходимо учитывать возможность появления заусенцев на границах поверхностей. Образование заусенцев приводит к необходимости введения в технологический процесс дополнительных переходов. Должна быть также учтена естественная последовательность обработки поверхностей. Например, сначала обрабатывается плоскость, а за-

тем отверстия, лежащие в этой плоскости; сначала производится центровка отверстия, затем его сверление; сначала обрабатывается шейка вала, затем – наружная резьба на ней и т.д.

При определении последовательности обработки следует также руководствоваться типовыми решениями, имеющимися для деталей различных классов. Так для корпусных деталей обычно принимается следующая типовая последовательность выполнения этапов обработки:

- подготовка технологических баз, заключающаяся в черновой и чистовой обработке наружных плоскостей и, иногда, двух точных отверстий;
- обработка прочих плоских поверхностей;
- черновая и чистовая обработка главных отверстий;
- обработка крепежных отверстий;
- отделочная обработка плоскостей и главных отверстий.

Валы со шлицами колес обрабатывают в следующей типовой последовательности:

- подготовка технологических баз (обработка торцов и центровых отверстий);
- черновая токарная обработка;
- чистовая токарная обработка;
- предварительное шлифование опорных и посадочных шеек;
- фрезерование шпоночных пазов;
- фрезерование шлицев;
- термическая обработка;
- исправление центров (шлифование, притирка);
- окончательное шлифование опорных и посадочных шеек;
- шлифование шлицев.

Обработка цилиндрического зубчатого колеса со ступицей 7 степени точности включает следующие этапы:

- токарная обработка с одной стороны;

- токарная обработка с другой стороны с обработкой центрального отверстия;
- протягивание отверстия;
- чистовая токарная обработка;
- фрезерование зубьев;
- шевингование зубьев;
- термическая обработка;
- шлифование наружного диаметра, торца и отверстия;
- шлифование (хонингование) зубьев.

В серийном производстве при использовании оборудования с ЧПУ имеется ряд особенностей в выборе последовательности обработки, что обусловлено необходимостью концентрации технологических переходов. При обработке валов следует разделить все их поверхности на два основных вида: поверхности, обрабатываемые проходными, контурными и расточными резцами (торцовые, цилиндрические, конические, фасонные и др.); поверхности, требующие для обработки другого инструмента (резьба, канавки, отверстия небольшого диаметра и др.). Для деталей типа тел вращения необходимо придерживаться следующей последовательности выполнения переходов:

- черновая обработка проходными и контурными резцами наружных поверхностей;
- черновая и чистовая обработка поверхностей другими видами инструмента;
- чистовая обработка проходными и контурными резцами;
- обработка поверхностей, не требующих чистовой обработки, другими видами инструмента.

При реализации технологического процесса на многоцелевых станках с ЧПУ придерживаются следующей последовательности обработки корпусных деталей:

- фрезерная обработка наружных поверхностей, затем уступов, пазов, выступов;

- обработка главных отверстий (сначала обрабатывают отверстия в сплошном материале, затем пролитые и прошитые отверстия);
- чистовая обработка главных отверстий, канавок;
- обработка крепежных отверстий.

Последовательность обработки заготовок на многоцелевых станках с ЧПУ должна учитывать минимизацию времени холостых перемещений. Если время, затрачиваемое на смену инструмента больше чем время на поворот и перемещение стола с заготовкой, то сначала выполняют все переходы, выполняемые одним инструментом. Если соотношение затрат времени другое, то сначала выполняют все переходы при неизменном положении стола с заготовкой.

В результате выполнения данного этапа проектирования технологического процесса переходы, выбранные ранее для обработки каждой поверхности, располагаются в порядке их выполнения, то есть в хронологической последовательности.

Следующей задачей проектирования технологии является формирование технологических операций из отдельных переходов. При этом используются принципы дифференциации и концентрации переходов. Принцип дифференциации технологических переходов заключается в том, что каждому переходу соответствует отдельная операция, то есть каждый переход выполняется на отдельном рабочем месте. Такой подход характерен для массового и крупносерийного производства, когда на каждой технологической операции используется специальное оборудование. Принцип концентрации переходов состоит в максимальном объединении переходов в отдельные операции. Он широко применяется в серийном и единичном производстве. Особенно ярко такой принцип проявляется при использовании современного оборудования с ЧПУ, обладающего широкими технологическими возможностями.

Возможности объединения переходов в технологические операции определяются следующими факторами:

- 1) одинаковостью схем базирования, используемых при обработке;
- 2) характером обработки (черновая, чистовая);
- 3) технологическими возможностями оборудования, которое предполагается использовать в проектируемом процессе;

4) необходимостью синхронизации операций с целью уменьшения такта выпуска изделий;

Одним из условий, позволяющих объединить переходы в одну технологическую операцию, является одинаковость схем базирования. При этом предполагается, что установочное приспособление, предназначенное для реализации схемы базирования, является однопозиционным. Однако, при использовании многопозиционных приспособлений данное условие не обязательно.

Объединение в одну операцию черновых и чистовых, а тем более, отделочных переходов, как правило, недопустимо. Черновые переходы характеризуются значительными тепловыми деформациями, вибрациями, большим размерным износом инструмента. При использовании оборудования, предназначенного для черновой обработки, все данные факторы будут оказывать действие на точность чистовых переходов. Совмещение черновых и чистовых переходов в пределах одной технологической операции допускается на современном оборудовании, обладающем широкими возможностями, например, на сверлильно-фрезерно-расточных станках, на многофункциональных токарных станках с ЧПУ. Такие станки обладают повышенной жесткостью и точностью позиционирования исполнительных органов. При этом после черновых энергонасыщенных переходов перед чистовыми необходимо предусматривать неотчетственные переходы, например, обработку крепежных резьб, фасок, канавок и т.п. Это позволит уменьшить влияние температурных деформаций технологической системы на точность чистовой обработки.

Объединение технологических переходов в операции следует производить с учетом возможностей оборудования, которое предполагается использовать в проектируемом технологическом процессе. Например, невозможно в пределах одной операции объединить переходы, связанные с токарной обработкой, и шлифовальные переходы. Исключение составляет оборудование, имеющее широкие технологические возможности. Например, на многоцелевых станках с ЧПУ, предназначенных для комплексной обработки корпусов, производятся почти все переходы, необходимые для обработки. На них можно производить фрезерование плоскостей, сверление, зенкерование, развертывание, растачивание, нарезание резьбы и т.п. На токар-



ных многофункциональных станках кроме обработки цилиндрических наружных и внутренних поверхностей, можно обрабатывать шпоночные пазы, лыски, зубчатые поверхности, шлицы, кулачки, отверстия, оси которых не совпадают с осью шпинделя и др.

В условиях массового или крупносерийного производства, когда предполагается использование автоматических и поточных линий, важной становится синхронизация операций. Такая синхронизация позволяет увеличить производительность изготовления деталей. Для этого необходимо произвести объединение переходов таким образом, чтобы время выполнения каждой операции было бы примерно одинаковым. На этапе проектирования маршрутного технологического процесса объединение переходов с целью синхронизации операций производится ориентировочно по числу переходов и примерному объему работ. В дальнейшем, после нормирования технологического процесса, следует уточнить содержание каждой операции.

## **9 Выбор средств технологического оснащения операций**

Выбор средств технологического оснащения операций заключается в определении для каждой из ранее намеченных операций оборудования, режущего инструмента, установочных и вспомогательных приспособлений, средств измерения, необходимых для реализации этих операций.

Подход к выбору металлорежущего оборудования определяется типом производства. В массовом производстве на основе технологического процесса может быть разработано техническое задание на проектирование специального автоматизированного высокопроизводительного оборудования. Таким оборудованием могут являться агрегатные станки, автоматические линии и др. Высокие затраты на специальное оборудование в условиях массового производства быстро окупаются. В то же время в массовом производстве оправдано и применение станков-автоматов, выпускаемых промышленностью, например, автоматов токарной группы.

В условиях серийного производства наиболее эффективно применение оборудования с ЧПУ. Это объясняется тем, что при их применении значительно сокраща-

ется подготовительно-заключительное время. Кроме того, станки с ЧПУ, как правило, обладают большими технологическими возможностями и имеют высокую жесткость и точность. В мелкосерийном и единичном производстве при большом числе технологических операций, выполняемых на одном рабочем месте, рационально применять универсальное оборудование.

При выборе оборудования следует использовать следующие исходные данные:

- 1) метод и вид обработки;
- 2) тип производства;
- 3) требуемая точность обработки;
- 4) размеры обрабатываемой заготовки;
- 5) потребная длина хода инструмента.

Данные по некоторым видам металлорежущего оборудования приведены в приложении Г. Более подробные сведения имеются в [7, 8].

В пояснительной записке следует привести основные технические характеристики выбранного оборудования.

Выбор режущего инструмента производится на основании следующих исходных данных:

- 1) метод и вид обработки;
- 2) тип производства;
- 3) требуемая точность обработки;
- 4) материал обрабатываемой заготовки.

В массовом и крупносерийном производстве допускается применение специального инструмента: фасонного, комбинированного и др. В серийном и единичном производстве наиболее эффективно использовать универсальный режущий инструмент. Установочные приспособления в массовом производстве, как правило, специальные. В серийном производстве желательно использование переналаживаемой и универсальной оснастки. В условиях единичного производства применяется только универсальная оснастка. Однако, не исключается применение в оправданных случаях универсальной оснастки в массовом производстве и специальной в серийном.

Информация о режущем инструменте приведена в приложении Д, в [7, 8, 9]. Наиболее подробные сведения о режущем инструменте содержатся в базе данных по режущему инструменту [12]. Для выбранного режущего инструмента должны быть указаны: его наименование, код, материал режущей части, нормативный документ (ГОСТ, ОСТ и т.п.).

Вспомогательный инструмент (оправки, патроны, державки и т.п.) выбирается в зависимости от состава работ производимых в операции, применяемого оборудования и инструмента [9].

При разработке маршрута обработки средства технологического оснащения выбираются предварительно. Окончательно модель станка, вид используемого режущего инструмента и приспособлений уточняются при разработке операционной технологии.

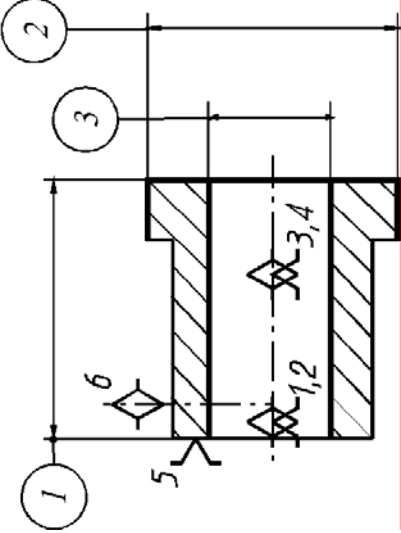
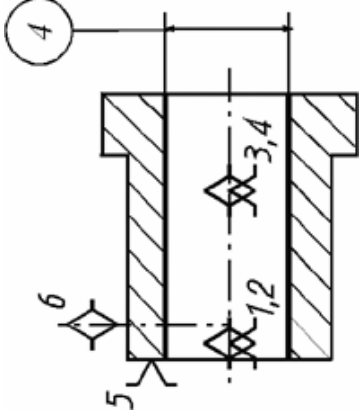
Разработанный маршрут представляется в виде таблицы, в которой указывается:

- 1) номер операции;
- 2) содержание переходов;
- 3) эскиз заготовки, показанный в том виде, который она принимает после окончания операции. Обработываемые поверхности выделяются утолщенными линиями. На эскиз наносится схема базирования и размеры по каждому технологическому переходу;
- 5) тип станка;
- 6) режущий инструмент;
- 7) установочное приспособление.

Пример оформления маршрута обработки приведен в таблице 9.1

Проектирование маршрута обработки в реальных условиях не всегда является строго линейным процессом, когда этапы проектирования выполняются последовательно. Технологические решения, принятые на поздних стадиях, могут привести к необходимости корректировки ранее принятых решений.

Таблица 9.1 - Пример оформления маршрутного технологического процесса:

№ операции	Наименование и содержание операции	Операционный эскиз	Оборудование	Режущий инструмент	Установочное приспособление
	<p>Токарная с ЧПУ</p> <p>1 Точить поверхности, выдерживая размеры 1, 2</p>		16Б16Г1	<p>Резец PCLNR20 20K12 T15K6 ТУ 2-035-892-82</p>	<p>Патрон трехшлицевый</p>
	<p>2 Сверлить отверстие, выдерживая размер 3</p>			<p>Сверло 035-2301-1060 P6M5 ОСТ 2И20-2-80</p>	

## **10 Расчет припусков и операционных размеров**

### **10.1 Общие положения**

Цель выполнения этого этапа курсового проекта по технологии машиностроения - создание технологического процесса, гарантирующего требуемое качество при минимальном расходе материала. Эти цели достигаются за счет определения оптимальных размеров заготовки и операционных размеров. Одной из современных методик расчета припусков и операционных размеров является размерный анализ технологических процессов. Размерный анализ [14] - совокупность методов увязки размерных параметров заготовки на всех стадиях технологического процесса, основанных на теории размерных цепей.

Определение операционных размеров в размерном анализе производится на основе расчета технологических операционных размерных цепей. Это размерные цепи, звеньями которых являются размерные параметры заготовки на разных стадиях ее обработки. Звеньями операционных размерных цепей могут быть размеры исходной заготовки, операционные размеры, припуски, радиусы цилиндрических поверхностей, отклонения расположения. Составляющими звеньями операционных размерных цепей являются размеры, подлежащие обязательному исполнению (указания об этом приводятся в технологической документации). Замыкающими (то есть зависимыми по номинальным значениям и допускам от составляющих) являются размеры, получающиеся за счет исполнения составляющих звеньев (указания об их исполнении в технологической документации не приводятся). Простейшая операционная цепь появляется при обработке плоскости. Производится черновое фрезерование верхней плоскости корпусной детали, установочной технологической базой является нижняя плоскость. В результате обработки снимается припуск и образуется новая плоскость.



Рисунок 10.1 – Простейшая операционная размерная цепь

Размер заготовки до обработки  $A_1$ , операционный размер  $A_2$  и припуск образуют технологическую размерную цепь (рисунок 10.1).

Размеры  $A_1$  и  $A_2$  являются размерами, подлежащими обязательному исполнению, то есть составляющими звеньями операционной размерной цепи. Замыкающим звеном  $A_{\Delta}$  этой размерной цепи является припуск  $Z$ , так как его величина и погрешность зависит от величин и погрешностей составляющих звеньев. При проектировании нового технологического процесса возникает необходимость решения проектной задачи расчета размерной цепи. При этом из размерной цепи определяется неизвестное составляющее звено, исходя из известных значений прочих составляющих звеньев и исходного значения замыкающего звена.

В рассмотренном примере известным составляющим является размер  $A_2$ , полученный в результате обработки и соответствующий размеру детали. Его точность соответствует принятому методу обработки. Неизвестным по номиналу составляющим звеном - размер заготовки  $A_1$ , допуск данного размера обеспечивается при получении заготовки. Величина припуска  $Z$  - замыкающее звено  $A_{\Delta}$ , заданное своим минимальным исходным значением, зависящим от состояния поверхности заготовки. Исходным условием для определения размера заготовки  $A_1$  является достаточность припуска на обработку.

Иногда в качестве замыкающего звена технологической операционной размерной цепи выступает конструкторский размер детали, точность которого обеспе-

чивается за счет исполнения других размеров. Пример появления размерной цепи с таким замыкающим звеном приведен на рисунке 10.2.

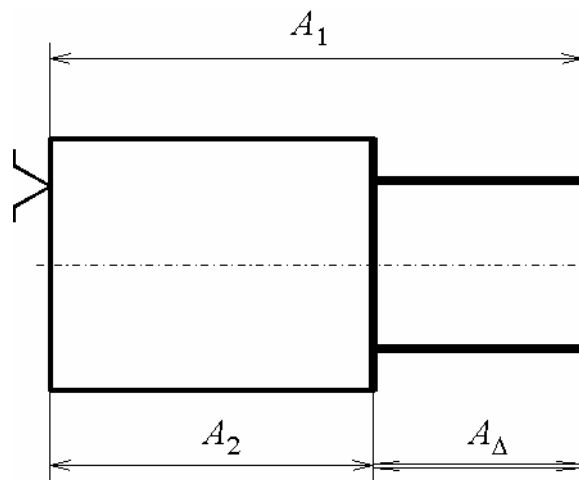


Рисунок 10.2 – Размерная цепь с замыкающим звеном конструкторским размером детали

При обработке среднего торца вала в качестве опорной технологической базы используется левый торец. При этом размер  $A_2$  обеспечивается с определенной точностью, зависящей от точности данной технологической операции. Размер  $A_1$  получен на предыдущей операции или на стадии получения исходной заготовки. Размер  $A_3$ , указанный на чертеже детали, непосредственно в ходе технологического процесса не обеспечивается, он получается за счет размеров  $A_1$  и  $A_2$ , то есть является замыкающим  $A_\Delta = A_3$ . Решение проектной задачи расчета для такой технологической операционной размерной цепи заключается в определении неизвестного составляющего звена  $A_2$ , исходя из условия получения требуемой точности замыкающего звена  $A_\Delta$ .

## 10.2 Подготовка исходных данных для размерного анализа

Подготовка исходных данных сводится к подготовке чертежа детали, технологического процесса. Требуется также установить значения минимальных припусков на обработку и значения операционных допусков. Ввиду большой трудоемкости размерного анализа он, как правило, выполняется с применением ЭВМ. Для представления размерной информации в виде, удобном для автоматизации размерных расчетов на ЭВМ, поверхности детали нумеруются (идентифицируются) числами не кратными десяти. Номер оси цилиндрической поверхности получается при увеличении номера этой поверхности в 10 раз. При автоматизированных расчетах номерам и осям присваивают знаки плюс и минус. Знак плюс присваивается внутренним цилиндрическим поверхностям и их осям, а также леворасположенным плоскостям детали. Знак минус - наружным цилиндрам и их осям, а также праворасположенным плоскостям. Пример обозначения поверхностей приведен на рисунке 10.3.

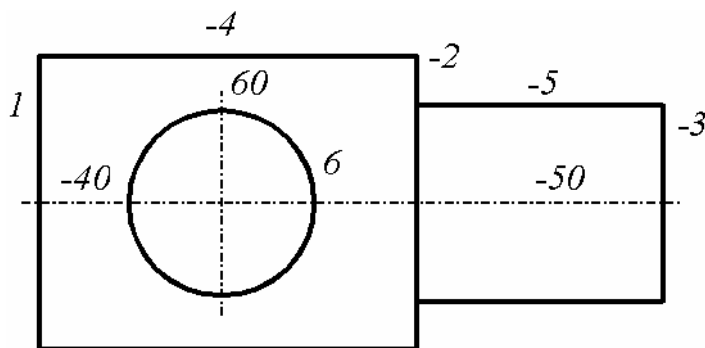


Рисунок 10.3 - Обозначение поверхностей и осей детали

Поверхности заготовки и поверхности, возникающие в ходе технологического процесса, обозначаются двойным числом, первое соответствует номеру той же поверхности у детали, второе - показывает, сколько раз обрабатывалась данная поверхность.



При работе на ЭВМ обозначения поверхностей заготовки и технологического процесса производятся программно, а система обозначений используется при расшифровке результатов расчета:

- 10 - первая поверхность исходной заготовки;
- 201 - ось второй цилиндрической поверхности после ее однократной обработки;
- 113, 1103 - одиннадцатая цилиндрическая поверхность, прошедшая трехкратную обработку и ее ось;

Обозначение размерных параметров удобно производить с использованием данных идентификаторов:

- $A(10 - 20)$  - размер, связывающий поверхности 10 и 20;
- $T(10 - 20)$  - допуск размера  $A(10 - 20)$ ;
- $Z(10 - 11)$  - припуск на обработку десятой поверхности;
- $E(100 - 200)$  - отклонение от соосности осей 100 и 200 цилиндрических поверхностей 10 и 20.

При подготовке чертежа детали и исходной заготовки необходимо проверить правильность простановки размеров. Число размеров и способ их простановки должен однозначно определять положение всех поверхностей и осей. Необходимое и достаточное число размеров на единицу меньше общего числа поверхностей и осей по каждому координатному направлению. Как правило, рабочие чертежи деталей содержат не все размеры, необходимые для однозначного представления конфигурации детали. Часть размеров, таких как, отклонения от соосности и симметричности, указаны в неявном виде. При проведении размерного анализа необходимо считать, что каждая цилиндрическая поверхность имеет собственную ось. Это требует дополнения чертежа "подразумеваемыми" размерами. Например, для вала, имеющего три ступени, на конструкторском чертеже обычно указываются 3 диаметральных размера и иногда некоторые отклонения от соосности (радиальные биения), существенно влияющие на исполнение деталью ее служебного назначения. В соответствии с ранее изложенным правилом в диаметральной направленности необходимо иметь 5 размеров: 3 диаметральных размера ( $A_1, A_2, A_3$ ) и 2 отклонениями от соосности ( $E_1,$

$E_2$ ). Для однозначного определения положения 4 торцовых поверхностей необходимо и достаточно 3 размеров ( $A_4, A_5, A_6$ ), рисунок 10.4.

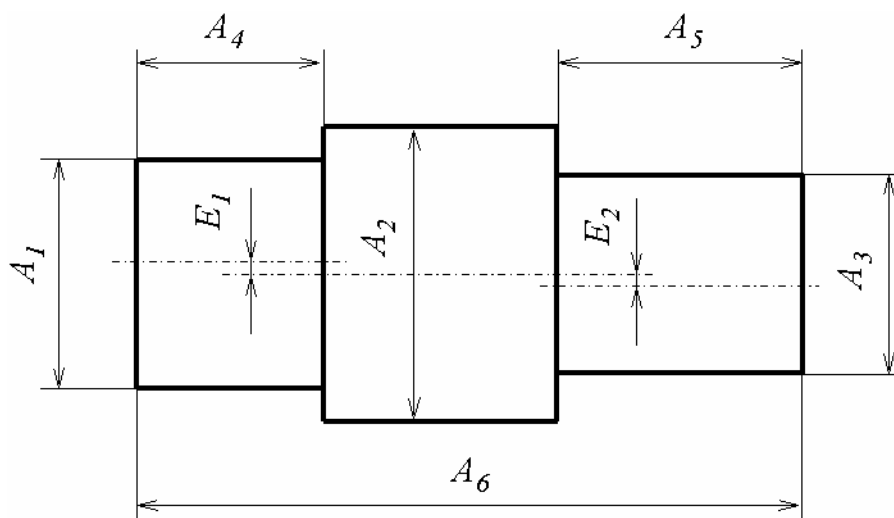


Рисунок 10.4 - Простановка размеров на чертеже вала

При подготовке технологического процесса к размерному анализу необходимо конкретизировать каждый технологический переход и указать все образующиеся размерные связи. В качестве операционных размеров необходимо проставлять размеры, величины и погрешность исполнения которых зависит только от выполняемого перехода. При обработке плоской поверхности необходимо указать величину припуска и один размер (либо до технологической базы, либо до ранее полученной в этом же установе поверхности или оси). При обработке цилиндрической поверхности, обычно, указывается три размерные связи; припуск, положение новой оси (координата или отклонение от соосности) и радиус обработанной поверхности. При обработке путем снятия напуска происходит образование новой поверхности, не имевшиеся до обработки, величина припуска в этом случае не указывается.

При выполнении размерных расчетов следует определить значения параметров размерных связей. Для операционных размеров необходимо определить допускаемые отклонения, зависящие либо от точности исходной заготовки, либо от точности используемого метода обработки.

Допуски исходных заготовок определяются по соответствующим нормативным документам или по приложению А настоящего пособия.

Допуски на межцентровые расстояния и отклонения от соосности для различных видов заготовок приведены в [3].

Допуски операционных размеров, получаемых в ходе технологического процесса, определяются по формуле

$$T = \omega + \rho_u + \varepsilon_\sigma, \quad (10.1)$$

где  $\omega$  - средняя точность обработки;

$\rho_u$  - пространственные отклонения измерительной базы;

$\varepsilon_\sigma$  - погрешность базирования.

Значения средней точности обработки приведены в [3], а также в приложении Б. Предельные отклонения составляющих звеньев, образующихся в технологическом процессе, следует назначать в "тело" заготовки. Для координат отверстий и отклонений от соосности предельные отклонения - симметричны. Точность размеров, координирующих оси цилиндрических поверхностей (точность межцентровых расстояний и отклонения от соосности), получаемых в процессе механической обработки приведены в [3].

Пространственные отклонения учитываются лишь в том случае, если измерительной базой является необработанная поверхность исходной заготовки. Величины пространственных отклонений поверхностей исходных заготовок и пространственные отклонения поверхностей, полученные в результате механической обработки, приведены в [3].

Погрешность базирования равна нулю при совпадении технологической и измерительной баз, а также в случае обработки методом пробных рабочих ходов. Погрешность базирования определяется, исходя из принятой схемы установки заготовки. Ее значения указаны в [3].

Минимальный припуск на обработку поверхности определяется по формуле

$$z_i = R_{z_{i-1}} + H_{i-1} + \rho_{i-1}, \quad (10.2)$$

где  $R_{z_{i-1}}$  - высота микронеровностей поверхности;

$H_{i-1}$  - глубина дефектного слоя;

$\rho_{i-1}$  - пространственные отклонения поверхности.

Величины, входящие в формулу (10.2) должны соответствовать состоянию поверхности до обработки. Значения составляющих формулы приведены в [3]. Глубина дефектного слоя не должна учитываться для заготовок из чугуна и литейной бронзы после однократной обработки поверхности, а также для любых металлов после термообработки.

Для определения неизвестных операционных размеров необходимо выявить размерные цепи и произвести их расчет. Для формирования размерных цепей необходимо построить размерную схему технологического процесса, которая достаточно наглядно отображает динамику изменения и взаимосвязи размеров на различных этапах обработки заготовки.

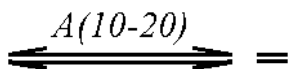
### 10.3 Построение размерных схем технологического процесса

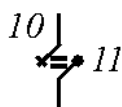
Размерные схемы позволяют вскрыть размерные связи в проектируемом технологическом процессе, то есть дают возможность сформировать технологические размерные цепи. Размерные схемы строятся отдельно для каждой из координатных осей деталей, для того чтобы получить плоские размерные цепи с параллельными звеньями. При построении размерных схем учитываются лишь те переходы, которые участвуют в формировании размеров по данной координате. Для технологических процессов изготовления тел вращения строятся две размерных схемы: схема диаметральных размеров и отклонений от соосности и схема продольных размеров. Для корпусных деталей производится построение трех размерных схем для каждой

из координатных осей. При построении размерных схем используются следующие условные обозначения:

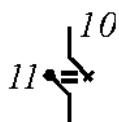
 - составляющие звенья с неизвестным номиналом;

 - составляющие звенья с известным номиналом;

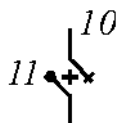
 - замыкающие звенья;



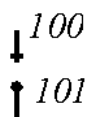
- технологический переход, заключающийся в удалении припуска Z (10-11) с поверхности 10 и появлении новой поверхности 11 (новая поверхность расположена правее, припуск – замыкающее звено);



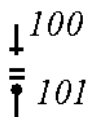
- технологический переход, заключающийся в удалении припуска Z (10-11) с поверхности 10 и появлении новой поверхности 11 (поверхность расположена левее, припуск – замыкающее звено);



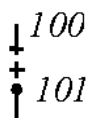
- технологический переход, заключающийся в удалении припуска Z (10-11) с поверхности 10 и появлении новой поверхности 11 (поверхность расположена левее, припуск – составляющее звено);



- появления новой оси 101 цилиндрической поверхности взамен старой 100;



- появление новой оси 101 цилиндрической поверхности взамен старой 100 (оси связаны замыкающим звеном – смещением осей);



- появление новой оси 101 цилиндрической поверхности взамен старой 100, являющейся технологической базой (оси связаны составляющим звеном с известным номиналом). Ось обрабатываемой цилиндрической поверхности является технологической базой, например, при протягивании.

Построение схемы производится на вертикалях, соответствующих поверхностям и осям детали. Обозначение вертикалей (поверхностей) должно соответствовать идентификаторам поверхностей. Порядок расположения точек и вертикалей должен соответствовать реальному относительному расположению поверхностей и осей детали. Данные точки обозначаются как поверхности заготовки (идентификационный номер поверхности с нулем). Построение размерной схемы производят в последовательности выполнения технологических переходов, начиная от заготовки до детали. Сначала точками указываются поверхности и оси, имеющиеся на исходной заготовке. Затем указываются размеры заготовки, их число должно быть на единицу меньше числа имеющихся поверхностей и осей. Положение всех поверхностей заготовки должно быть однозначно определено. Затем между вертикалями указываются размерные параметры, получающиеся в технологических переходах (припуски, размеры, отклонения от соосности и др.). Положение поверхностей и осей, образующихся в результате обработки, должно быть однозначно определено. Как правило, вновь образованную поверхность или ось следует связывать с технологической базой. Возможно также задавать положение вновь образованной поверхности или оси с поверхностью или осью, полученной в той же технологической операции без переустановки заготовки. В результате обработки каждой из поверхностей ее номер увеличивается на единицу. После описания последнего перехода оставляется место для возможных замыкающих звеньев размеров, а затем на тех же вертикалях наносятся размеры детали.

Следующим этапом построения размерной схемы является определение известных составляющих звеньев. К известным составляющим звеньям относятся: расстояния между осями; расстояния между осями и плоскостями, прошедшими окончательную обработку и расстояния между окончательно обработанными плоскостями. Дополнительным условием для отнесения составляющих звеньев к числу известных является возможность получения соответствующих размеров из размеров детали без пересчета.

Выявление замыкающих звеньев размеров производится путем сопоставления размеров детали с известными составляющими звеньями. Если какой-либо размер

детали не получается в технологическом процессе как известное составляющее звено, то в размерную схему добавляется соответствующее замыкающее звено размер. При правильном построении размерной схемы число замыкающих звеньев равно числу неизвестных составляющих.

Рассмотрим построение размерной схемы для технологического процесса изготовления корпусной детали по одной из координатных осей, рисунок 10.5.

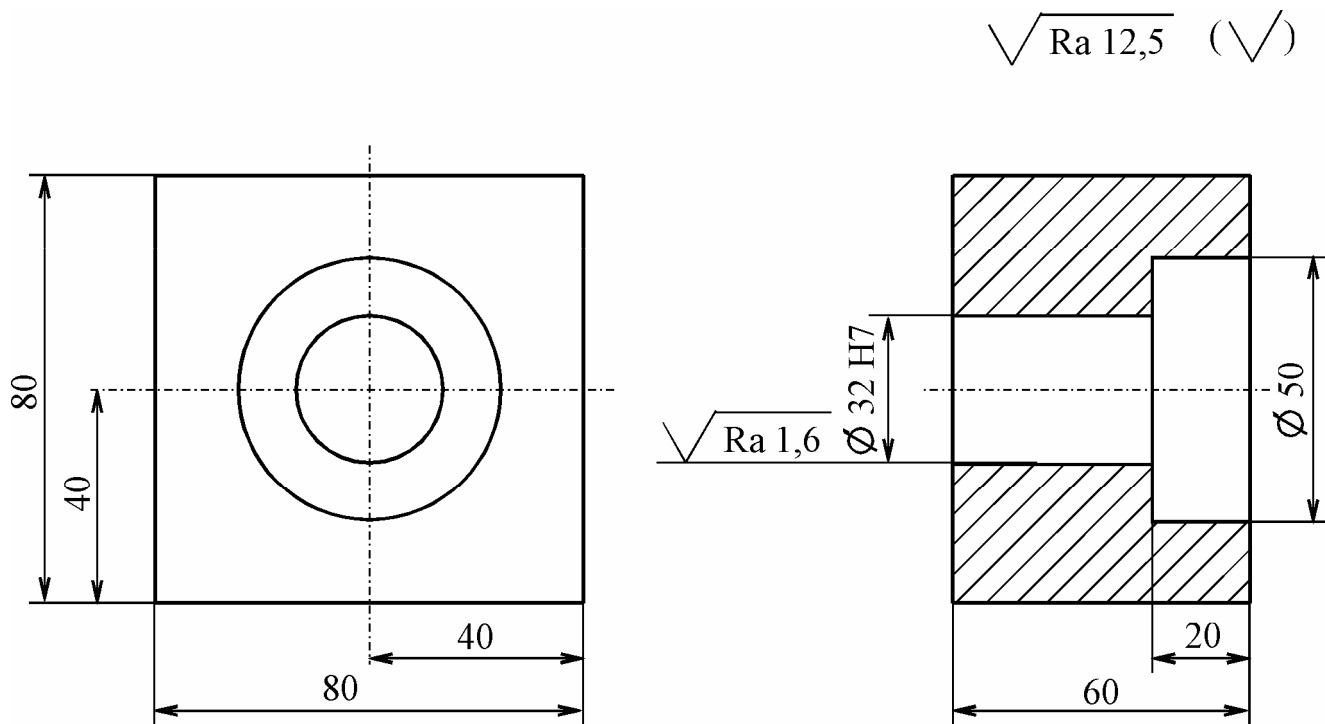


Рисунок 10.5 – Корпусная деталь

Обозначение поверхностей и осей детали произведено в соответствии с правилами, изложенными выше, рисунок 10.6.

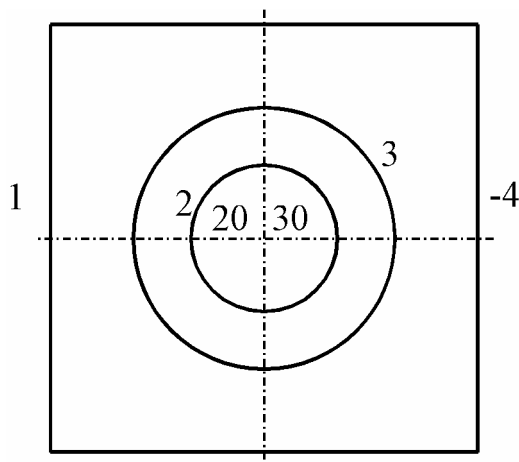


Рисунок 10.6 – Кодирование поверхностей и осей детали

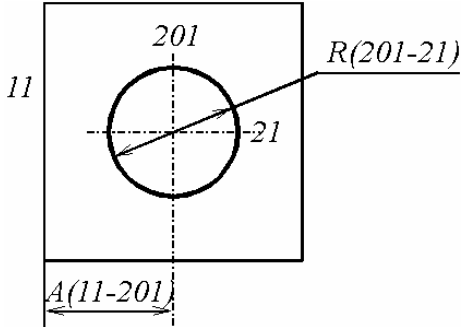
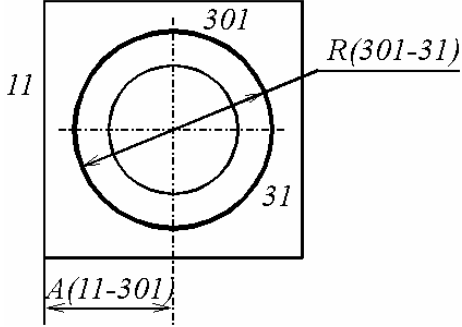
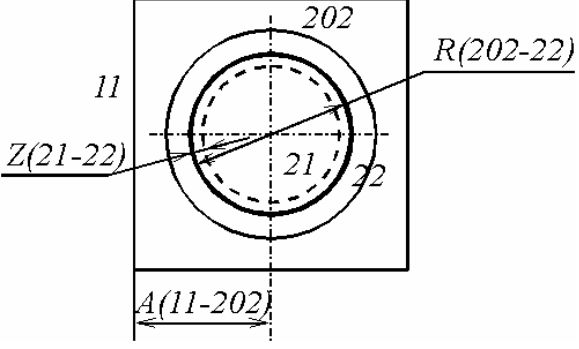
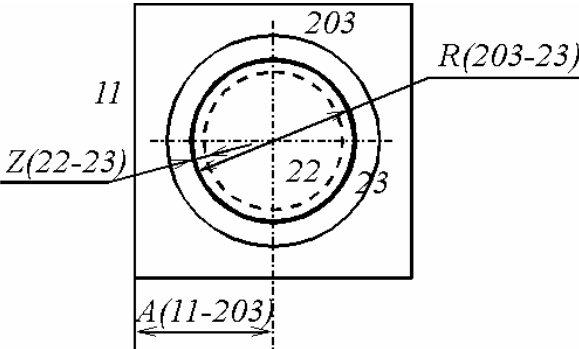
Технологический процесс изготовления данной детали с исходными данными приведен в таблице 10.1. Исходная заготовка - отливка 8-го класса размерной точности по ГОСТ 26645-85, материал - чугун СЧ20. Чертеж детали содержит информацию в неявном виде: предполагается, что отверстия номинально соосны. Систему размеров детали необходимо дополнить отклонением от соосности отверстий 20 и 30.

Таблица 10.1 – Технологический процесс изготовления корпусной детали

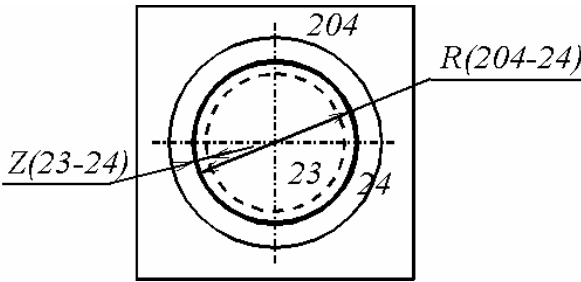
Этапы технологического процесса	Операционный эскиз
1	2
Исходная заготовка	
Фрезеровать плоскость 11	
Фрезеровать плоскость 41	



Продолжение таблицы 10.1

1	2
<p>Сверлить отверстие 21</p>	
<p>Расточить отверстие 31</p>	
<p>Зенкеровать отверстие 22</p>	
<p>Развернуть отверстие 23 предварительно</p>	

Продолжение таблицы 10.1

1	2
<p>Развернуть отверстие 24 окончательно</p>	 <p>The drawing shows a circular hole with a dashed centerline. It is labeled with '204' at the top, '23' and '24' at the bottom, and 'R(204-24)' on the right. A dimension line labeled 'Z(23-24)' points to the hole's diameter.</p>

Построение размерной схемы начинается с вычерчивания эскиза заготовки и идентификации ее поверхностей. Затем, на горизонтальной линии на равных расстояниях наносится 6 точек, соответствующих поверхностям и осям детали. Поверхности и оси, имеющиеся на исходной заготовке (10, 40), отмечаются жирными точками. На вертикальных линиях, проведенных из всех точек, наносятся размеры исходной заготовки. Для однозначного определения размеров заготовки необходимо и достаточно задать один размер:  $A(10-40)$ . В общем случае число размеров должно быть на единицу меньше числа поверхностей и осей цилиндрических поверхностей заготовки.

Следующим этапом построения размерной схемы является включение в размерную схему размерных связей технологического процесса. Сначала производится обработка плоскости заготовки 10. В результате снятия припуска образуется новая поверхность 11. При этом необходимо указать следующие размерные связи: припуск  $Z(10-11)$  - замыкающее звено, размер  $A(11-40)$ , определяющий положение вновь образовавшейся поверхности относительно технологической базы - составляющее звено. Припуск и размер наносятся на размерную схему с использованием условных обозначений. Аналогично описывается обработка плоскости 41, на размерную схему наносится припуск  $Z(41-40)$  и размер  $A(11-41)$ . При сверлении отверстия в третьем технологическом переходе образуется поверхность 21 и ее ось 201. В данном случае производится обработка путем снятия напуска (поверхности до обработки не было). При этом величина припуска не указывается. В размерную схему

добавляются два размера - координата отверстия  $A(11-201)$  и радиус отверстия  $R(201-21)$ . При растачивании также образуется новая, отсутствовавшая на заготовке, поверхность 31. Размерная схема дополняется двумя связями - координатой  $A(11-301)$  и радиусом отверстия  $R(301-31)$ . В процессе зенкерования происходит образование новой поверхности и ее оси 22, 202 путем снятия припуска. На размерную схему наносятся припуск  $Z(21-22)$  и размеры  $A(11-202)$ ,  $R(202-22)$ . На этапе нормального развертывания отверстия также как и при зенкеровании образуются 3 размерные связи: припуск  $Z(22-23)$ ; координата  $A(11-203)$ ; радиус отверстия  $R(203-23)$ . Точное развертывание производится плавающей разверткой, поэтому положение оси не изменяется. Новая ось 204 и старая 203 связываются звеном с нулевым номиналом  $A(203-204) = 0$ . В размерную схему добавляется припуск  $Z(23-24)$  и радиус  $R(204-24)$ .

После описания последнего перехода необходимо оставить место для возможных замыкающих звеньев размеров и на тех же вертикалях нанести размеры детали с ее чертежа.

Далее необходимо выявить известные составляющие звенья. К числу известных составляющих звеньев относятся:  $A(11-41)$ ,  $R(301-31)$ ,  $R(204-24)$  как размеры, связывающие окончательно полученные поверхности. Известными являются также координаты положения осей отверстий:  $A(11-201)$ ,  $A(11-301)$ ,  $A(11-202)$  и  $A(11-203)$  как размеры, связывающие окончательно полученную поверхность 11 и ось. Все данные размеры имеются на чертеже детали, размер  $A(11-301)$  хотя и отсутствует на чертеже детали, но может быть определен из размеров детали без пересчета.

Из сопоставления конструкторских размеров детали с известными составляющими звеньями следует, что все размеры получены непосредственно в ходе технологического процесса и необходимость дополнения размерной схемы замыкающими звеньями размерами отсутствует. Число замыкающих звеньев и число неизвестных составляющих одинаково, что свидетельствует о правильности построения размерной схемы.

Полученная размерная схема представлена на рисунке 10.7

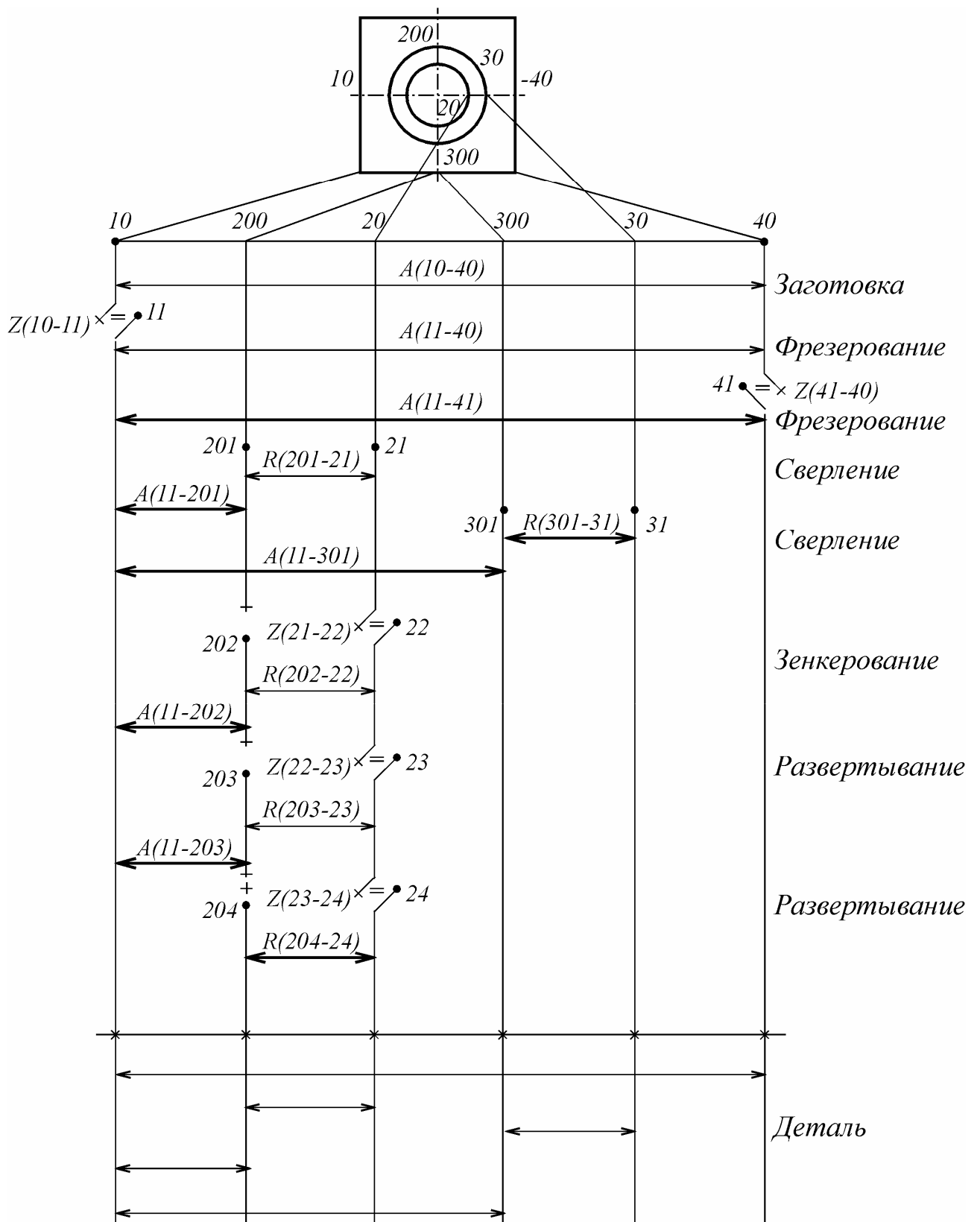


Рисунок 10.7 - Размерная схема технологического процесса

Построение размерных схем для технологических процессов изготовления деталей типа тел вращения производится аналогично. При построении размерных схем диаметральных размеров и отклонений от соосности следует учитывать, что к известным составляющим будут относиться все отклонения от соосности, а также радиусы после окончательной обработки.

Формирование размерных цепей производится путем нахождения размерных контуров для каждого из замыкающих звеньев по размерной схеме. Ряд формальных правил позволяет легко решить эту задачу:

- обход контуров следует начинать с замыкающего звена;
- не допускается включение в состав размерной цепи нескольких замыкающих звеньев;
- при формировании размерных контуров не следует пересекать разрывы осей и поверхностей.

В качестве примера на рисунке 10.8 показан размерный контур для замыкающего звена  $Z(22-23)$  по размерной схеме, приведенной на рисунке 10.7.

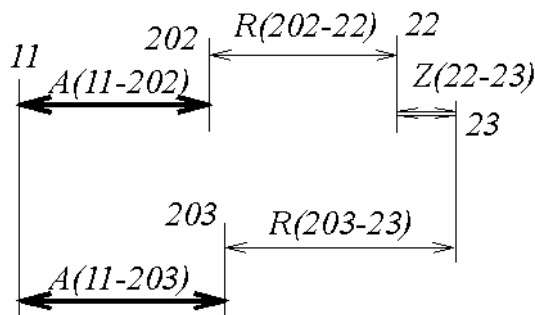


Рисунок 10.8 - Размерная цепь для замыкающего звена  $Z(22-23)$

#### 10.4 Расчет технологических операционных размерных цепей

Расчет следует начинать с размерной цепи, содержащей только одно составляющее звено с неизвестным номиналом, например, для построенной размерной схемы: размерная цепь для замыкающего звена  $Z(41-40)$  или размерная цепь для за-

мыкающего звена  $Z(23-24)$ . Определив его и считая его известным в других операционных размерных цепях, последовательно рассчитывают другие размерные цепи.

Расчеты производятся, используя средние значения звеньев, в следующей последовательности.

Колебание замыкающего звена размерной цепи определяется по следующим формулам:

$$\omega_{A_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} \omega_{A_i}, \quad (10.3)$$

где  $\omega_{A_i}$  - погрешность (допуск)  $i$ -того составляющего звена;

$m$  - число звеньев размерной цепи, включая замыкающее.

$$\omega_{A_{\Delta}} = t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \omega_{A_i}^2 \cdot \lambda_i^2}, \quad (10.4)$$

где  $t$  - коэффициент риска, определяющий вероятность выхода значений замыкающего звена за пределы поля допуска;

$\lambda_i^2$  - коэффициент относительного рассеяния, зависящий от закона распределения составляющего звена.

Формула (10.3) используется при расчете размерной цепи методом max-min, формула (10.4) – при расчете вероятностным методом. Переход к формуле (10.4) производится при числе составляющих звеньев, большем четырех, пяти.

Некоторые значения  $t$  в зависимости от вероятности выхода значений замыкающего звена за пределы, установленные формулой (10.4),  $P$  приведены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Вероятность выхода значений замыкающего звена за пределы поля допуска в зависимости от коэффициента риска

$t$	1	1,65	2	2,57	3	3,29	3,89
$P, \%$	32	10	4,5	1	0,27	0,1	0,01

Значения коэффициента относительного рассеяния,  $\lambda_i^2$ , в зависимости от закона распределения значений составляющего звена следующие:

- нормальный закон распределения - 1/9;
- закон распределения Симпсона - 1/6;
- закон равной вероятности - 1/3.

Среднее значение замыкающего звена:

- для звеньев припусков

$$A_{\Delta_m} = A_{\Delta_{\min}} + \frac{\omega_{A_{\Delta}}}{2}; \quad (10.5)$$

- для звеньев размеров

$$A_{\Delta_m} = \frac{A_{\Delta_{\max}} + A_{\Delta_{\min}}}{2}, \quad (10.6)$$

где  $A_{\Delta_{\max}}$  - максимальное значение замыкающего звена;

$A_{\Delta_{\min}}$  - минимальное значение замыкающего звена.

Для звеньев припусков в формулу (10.5) подставляется минимальный припуск  $Z_{\min}$ , определяемый по формуле (10.2).

Среднее значение составляющего звена с неизвестным номиналом

$$A_{x_m} = \frac{\sum (A_{\Lambda_m} - \sum_{i=1}^{m-2} A_{i_m} \cdot \xi_i)}{\xi_x}, \quad (10.7)$$

где  $A_{im}$  - среднее значение  $i$ -того известного составляющего звена;

$\xi_i, \xi_x$  - коэффициенты передачи  $i$ -того известного и неизвестного составляющих звеньев.

Номинальное значение составляющего звена с неизвестным номиналом

$$A_x = A_{x_m} - EC_{A_x}, \quad (10.8)$$

где  $EC_{A_x}$  - координата середины поля допуска определяемого звена.

Округление расчетных номиналов следует производить таким образом, чтобы оно вызвало минимальное изменение замыкающего звена размера или увеличение звена припуска. В некоторых случаях необходимо округлять расчетные номиналы до значений, соответствующих стандартным размерам осевого инструмента, или до стандартных размеров проката.

При расчете размерных цепей с замыкающими звеньями размерами после определения фактической погрешности замыкающего звена необходимо сравнить его значение с допуском данного размера, установленным чертежом детали. Если окажется, что фактический допуск замыкающего звена размера, определенный через составляющие звенья, меньше заданного чертежом детали допуска, то в проектируемый технологический процесс необходимо внести изменения с целью его улучшения:

- уменьшить допуски составляющих звеньев за счет выбора более точных методов обработки, за счет увеличения числа технологических переходов;
- расширить допуск замыкающего звена после анализа служебного назначения детали и по согласованию с конструкторскими службами;



- изменить последовательность обработки;
- изменить схему простановки размеров детали или технологического процесса;
- выбрать другие технологические базы.

В качестве примера рассмотрим расчет операционной размерной цепи для замыкающего звена припуска  $Z(41-40)$ , сформированной по размерной схеме (рисунок 10.7). Размерная цепь приведена на рисунке 10.9.

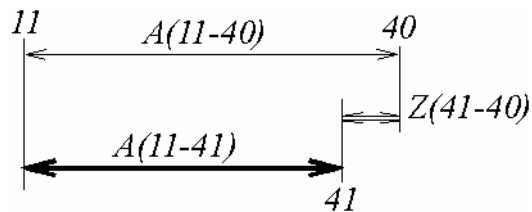


Рисунок 10.9 – Размерная цепь с замыкающим звеном припуском  $Z(41-40)$

Исходные данные:

- минимальное значение замыкающего звена припуска -  $Z_{\min} = 0,695$  мм;
- известное составляющее звено –  $A(11 - 41) = 80_{-0,19}$  ;
- неизвестное составляющее -  $A(11 - 40)_{-0,41}$ .

Колебание припуска

$$\omega_{A_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} \omega_{A_i} ,$$

$$\omega_{A_{\Delta}} = 0,43 + 0,19 = 0,62 \text{ мм.}$$

Среднее значение замыкающего звена

$$A_{\Delta_m} = A_{\Delta_{\min}} + \frac{\omega_{A_{\Delta}}}{2} ,$$

$$A_{\Delta_m} = 0,695 + \frac{0,62}{2} = 1,005 \text{ мм.}$$

Среднее значение составляющего звена с неизвестным номиналом

$$A_{x_m} = \frac{A_{\Delta_m} - \sum_{i=1}^{m-2} A_{i_m} \cdot \xi_i}{\xi_x},$$
$$A_{x_m} = \frac{1,005 - 79,905 \cdot (-1)}{1} = 80,91 \text{ мм.}$$

Номинальное значение составляющего звена с неизвестным номиналом

$$A_x = A_{x_m} - EC_{A_x},$$
$$A_x = 80,91 - (-0,215) = 81,125 \text{ мм.}$$

После округления до знака отклонений в большую сторону получаем:

$$A_x = 81,13 \text{ мм.}$$

Аналогично производится расчет остальных размерных цепей. Порядок расчета устанавливается так, чтобы в рассчитываемую размерную цепь входило лишь одно неизвестное составляющее звено. В общем случае определение неизвестных может быть выполнено путем решения системы линейных уравнений.

### 10.5 Использование ЭВМ для размерного анализа

Выполнение всех размерных расчетов вручную требует огромных затрат времени. Это определяет необходимость применения автоматизированных систем размерного анализа при проектировании технологического процесса. Одной из таких систем является автоматизированная система технологического размерного анализа (АСТРА) [15]. При ее применении не требуется: определять точность размерных связей и минимальные припуски на обработку, строить размерные схемы технологического процесса, формировать и рассчитывать размерные цепи. Работа с системой сводится к описанию исходных данных по детали, исходной заготовке и техно-

логическому процессу. Исходными данными для работы с системой являются: уточненный чертеж детали; эскиз, определяющий конфигурацию исходной заготовки, маршрут обработки.

Первым этапом работы является описание детали. Сначала необходимо указать число поверхностей детали и дополнительно указать, сколько из них цилиндрических поверхностей. Не следует включать в число рассматриваемых поверхностей фаски, канавки и другие неотчетливые поверхности. В число поверхностей не следует также включать поверхности, обрабатываемые однократно путем снятия напуска: крепежные отверстия, лыски и т.п. Все последующие действия будут производиться с использованием системы меток поверхностей, такой же, как и при ручном построении размерных схем. Затем следует произвести идентификацию поверхностей и осей в соответствии с ранее изложенными правилами. Расположение меток (идентификаторов) должно строго соответствовать реальному расположению поверхностей и осей детали.

Затем указывается шероховатость поверхностей и их габариты, что необходимо для определения правильности выбранных технологических переходов и для определения минимальных припусков.

Размеры детали указываются между метками поверхностей в соответствии с чертежом. Номиналы и предельные отклонения размеров задаются либо в виде числовых значений (через запятую, например: 40, 0.2, -0.2), либо в виде номинала и стандартного поля допуска (32 H7) либо в виде свободного размера (45), предельные отклонения в этих случаях определяются из базы данных системы. Для цилиндрических поверхностей указываются их диаметральные размеры. Далее программно производится проверка связанности системы размеров детали и правильности задания номиналов. При правильном указании размеров возможен переход к следующему этапу – описанию исходной заготовки.

При описании заготовки сначала указывается вид заготовки, затем уточняется метод ее получения. Также вводятся все данные, необходимые для определения допусков заготовки. Например, для отливок указываются: материал, метод получения отливки, особенности данного метода, наибольший габаритный размер, отношение

наибольшего и наименьшего размеров отливки. Затем уточняется наличие поверхностей исходной заготовки, поскольку не все поверхности детали получаются в технологическом процессе изготовления заготовки. После этого задается система размеров заготовки.

Следующим этапом является описание технологических переходов, при этом последовательно указывается: обрабатываемая поверхность, технологическая база, метод и вид обработки. При описании переходов проверяется правильность выбора переходов. Определение числа и характера размерных связей, назначение операционных допусков и минимальных припусков производится программно. После описания последнего перехода производится автоматизированное определение известных звеньев, замыкающих звеньев, установление возможностей получения требуемой точности размеров, а также формирование и расчет размерных цепей. Кроме значений операционных размеров определяются значения максимальных припусков, необходимые для назначения режимов резания. Полученные результаты могут быть выведены на печать. При работе с автоматизированной системой используется система меню и подменю, что облегчает ее освоение и практическое использование. На всех этапах работы с ней возможно получение подсказок, имеется подсистема диагностики ошибок ввода.

При выполнении данного этапа курсового проекта необходимо произвести построение размерных схем проектируемого технологического процесса, что необходимо для облегчения внесения возможных изменений в технологию. Размерные схемы приводятся в пояснительной записке и выносятся в графическую часть проекта. Кроме этого необходимо привести результаты расчета припусков и операционных размеров, полученные с помощью системы АСТРА.

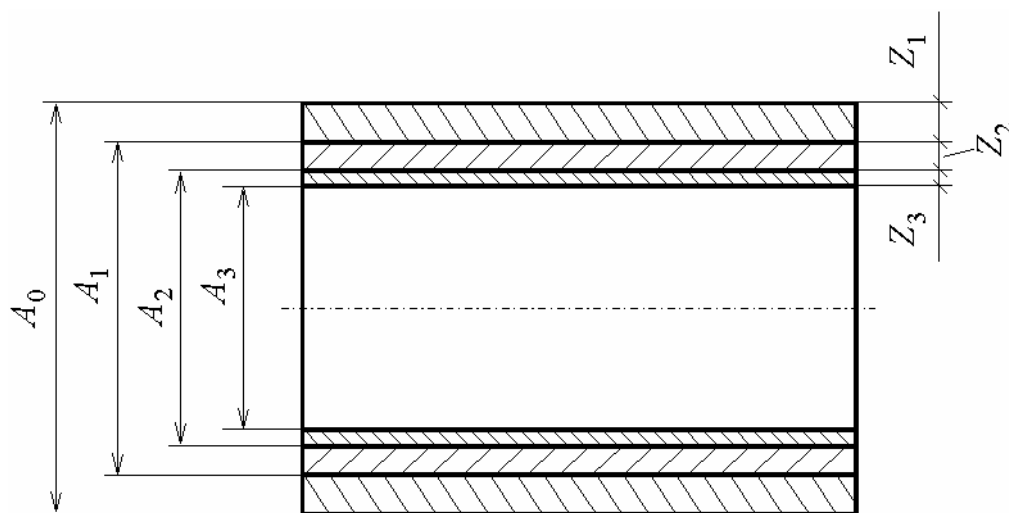
## **10.6 Применение опытно-статистического метода определения припусков**

По рекомендации руководителя проекта студенты могут воспользоваться упрощенным опытно-статистическим методом расчета припусков. Данный метод следует использовать также при определении операционных размеров для обработки

шлицевых, зубчатых, фасонных поверхностей, поскольку для таких поверхностей невозможно применить методику размерного анализа.

Опытно-статистический метод заключается в определении операционных размеров и размеров исходной заготовки путем последовательного наложения номинальных припусков на поверхности детали. Номинальные промежуточные припуски определены путем обработки большого объема статистического материала, накопленного в практике машиностроения. Для различных видов обработки номинальные припуски приведены [16], а также в приложении Е.

Определение операционных размеров и размеров исходной заготовки производится в порядке обратном последовательности обработки каждой поверхности. Сначала на поверхность детали наслаивается припуск на отделочную обработку, затем – на чистовую и черновую. Для удобства следует привести схему расположения припуска на обрабатываемой поверхности. В качестве примера на рисунке 10.10 приведена схема расположения припусков при трехкратной обработке наружной цилиндрической поверхности.



$A_0$  – размер исходной заготовки;

$A_1$  – размер после выполнения первого технологического перехода;

$A_2$  – размер после второго перехода;

$A_3$  – размер после третьего перехода (размер детали).

Рисунок 10.10 – Схема расположения припусков на наружной цилиндрической поверхности

Номинальные промежуточные размеры для данной схемы расположения припусков

$$A_2 = A_3 + 2Z_3,$$

$$A_1 = A_2 + 2Z_2,$$

$$A_0 = A_1 + 2Z_1.$$

Схема расположения промежуточных припусков при обработке отверстия приведена на рисунке 10.11

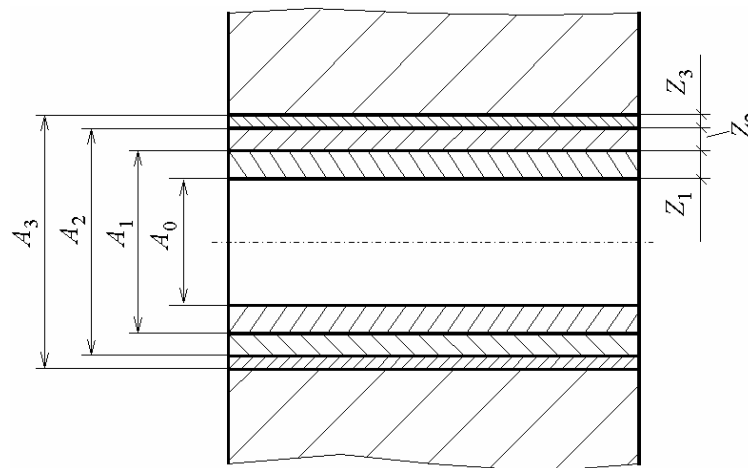


Рисунок 10.11 - Схема расположения припусков при обработке отверстия

Номинальные промежуточные размеры при обработке отверстия

$$A_2 = A_3 - 2Z_3,$$

$$A_1 = A_2 - 2Z_2,$$

$$A_0 = A_1 - 2Z_1.$$

Результаты определения промежуточных размеров удобно представить в виде таблицы 10.3. В таблице приведены размеры, соответствующие маршруту обработки поверхностей по рисунку 10.12. Для обработки применено черновое и чистовое фрезерование. Заготовка – отливка 9 класса точности по ГОСТ 26645-85. Номинальные припуски приняты по приложению Е. Допуск исходной заготовки по приложению А. Допуски, соответствующие методам обработки, по приложению Б.

Таблица 10.3 - Припуски и промежуточные размеры

Технологический переход	Припуск, мм	Номинальный размер, мм	Допуск, мм	Размер с предельными отклонениями
Исходная заготовка	-	66,2	2,0	$66,2 \pm 1,0$
Черновое фрезерование плоскости 1	2,30	63,9	h12 (0,300)	$63,9_{-0,3}$
Черновое фрезерование плоскости 2	2,30	61,6	h12 (0,300)	$61,6_{-0,3}$
Чистовое фрезерование плоскости 1	0,80	60,8	h9 (0,074)	$60,8_{-0,074}$
Чистовое фрезерование плоскости 2	0,80	60	h9 (0,074)	$60,0_{-0,074}$

## 11 Определение режимов резания

Режимы резания, с одной стороны, определяются техническими факторами: требуемой шероховатостью обрабатываемой поверхности, возможностями технологического оборудования, требуемой точностью и др. С другой стороны, от режимов резания зависит производительность и технологическая себестоимость. Таким образом, назначение режимов резания является важной технико-экономической задачей.

Режимы резания назначают по нормативам режимов резания [10] или используют аналитический метод расчета [7]. В настоящее время наибольшее распростра-

нение получило определение режимов резания по нормативам. Режимы резания определяются для каждого технологического перехода. При этом следует руководствоваться следующей общей последовательностью назначения режимов.

Сначала устанавливают глубину резания  $t$ . Глубина резания должна равняться припуску, снимаемому на данном переходе. При этом необходимо учитывать, что при работе на станках средней мощности максимальная глубина резания не должна превышать при точении – от 8 до 10 мм, при фрезеровании цилиндрическими фрезами – от 10 до 12 мм, при фрезеровании торцовыми фрезами – от 12 до 15 мм; При больших значениях припуска или при необходимости снять напуск с поверхности заготовки обработку следует производить за несколько рабочих ходов.

Следующим этапом определения режимов резания является назначение подачи  $S$ . Для большинства методов обработки, таких как - точение, сверление, растачивание, определяется подача в миллиметрах на оборот заготовки или инструмента,  $S_0$  мм/об. Для фрезерования исходным расчетным значением подачи является подача в миллиметрах на зуб фрезы,  $S_z$ , мм/зуб. Для строгания, некоторых видов шлифования принимается подача в миллиметрах на двойной ход,  $S$  мм/дв.ход. Для черновых переходов значение подачи определяется прочностными характеристиками элементов технологической системы. Для чистовых технологических переходов подача ограничивается требуемой точностью и шероховатостью обработанной поверхности. Значения подач приведены в [7, 10], для наиболее распространенных методов обработки можно использовать таблицы приложения Ж. Выбранная подача корректируется по паспортным данным станка.

Затем следует определить период стойкости инструмента  $T$ . Период стойкости, обеспечивающий наиболее экономичные режимы обработки, определяется в соответствии со следующей зависимостью

$$T_{эк} = \left( \frac{1}{m} - 1 \right) \left( t_3 + \frac{\mathcal{E}_u}{E} \right), \quad (11.1)$$

где  $m$  – показатель относительной стойкости;



$t_s$  - время простоя станка, связанное с заменой инструмента, мин;

$\mathcal{E}_u$  - затраты на эксплуатацию инструмента за его к период стойкости, руб.;

$E$  – стоимость минуты работы оборудования, руб./мин.

Определение экономичного периода стойкости в соответствии с зависимостью (11.1) требует большого числа исходных данных. Поэтому чаще используют табличные значения периода стойкости [7]. При определении режимов резания по нормативам предполагается использование нормативного периода стойкости.

Скорость резания  $V$  определяется в зависимости от периода стойкости  $T$ , от глубины резания  $t$ , подачи  $S$ , от механических характеристик обрабатываемого материала, от марки инструментального материала, от состояния поверхности заготовки и от ряда других факторов. Значения скорости резания приведены в [7, 10], для наиболее распространенных методов обработки - в приложении Ж.

Частота вращения  $n$  определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (11.2)$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности или диаметр инструмента, мм.

Частота вращения корректируется по паспортным данным станка. В качестве уточненного значения  $n_{ym}$  принимается наиболее близкое значение. При бесступенчатом регулировании привода главного движения станка желательно округлить расчетную частоту вращения до значения кратного 10. После этого уточняется скорость резания. Уточненная скорость резания  $V_{ym}$  определяется по формуле

$$V_{ym} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ym}}{1000}, \quad (11.3)$$

При черновой обработке производят проверку выбранного режима резания по мощности привода главного движения станка.

$$N_{рез} \leq N_{см} \cdot \eta , \quad (11.4)$$

где  $N_{рез}$  - мощность, потребная на резание, кВт;

$N_{см}$  - мощность главного привода станка, кВт;

$\eta$  - коэффициент полезного действия привода главного движения (0,9 - 0,8).

При невыполнении условия (11.4) необходимо уменьшить глубину резания, подачу или применить на данной технологической операции станок большей мощности.

Для современных станков с ЧПУ ограничением является значение максимального крутящего момента на шпинделе. Крутящий момент от сил резания, (Н·м)

$$M_{рез} = \frac{1000N_{рез} \cdot 30}{\pi \cdot n} . \quad (11.5)$$

В паспортных данных металлорежущих станков часто приводятся в только максимальные и минимальные значения частот вращения и подач, а также число ступеней  $K$ . Промежуточные значения в таких случаях принимают по нормали станкостроения Н11-1. Для чего предварительно определяют знаменатель геометрической прогрессии ряда частот вращения или подач

$$\varphi = K^{-1} \sqrt{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} , \quad (11.6)$$

где  $\varphi$  - знаменатель геометрической прогрессии;

$n_{\max}$  и  $n_{\min}$  - наибольшая и наименьшая частоты вращения привода главного движения;

$K$  - число ступеней частот вращения привода главного движения.

Стандартные значения частот вращения и подач приведены в приложении Г.

В качестве примера рассмотрим назначение режимов резания на черновую обработку шейки вала.

Исходные данные:

а) обрабатываемый материал - сталь 45;

б) заготовка - штампованная поковка, полученная в закрытом штампе на прессах;

в) оборудование - токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1;

г) режущий инструмент – контурный резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 (Резец 2103-0695 Т15К6 ГОСТ 20872-80);

д) заготовка установлена в центрах;

е) диаметр обработки  $D = 20$  мм;

Глубина резания  $t$  соответствует припуску  $z = 1,5$  мм.

Подача  $S = 0,4$  мм/об (таблица Ж.1)

Период стойкости соответствует нормативному.

Скорость резания  $V = 170$  м/мин (таблица Ж.4).

Частота вращения  $n$

$$n = \frac{1000V}{\pi D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 20} = 2707 \text{ об/мин.}$$

По паспортным данным станка принимаем  $n_{ym} = 2000$  об/мин.

Уточненная скорость резания  $V_{ym}$

$$V_{ym} = \frac{\pi D n}{1000},$$

$$V_{ум} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 2000}{1000} = 125 \text{ м/мин.}$$

Мощность резания  $N = 0,8$  кВт (таблица Ж.7), данная мощность не превышает мощности главного привода станка  $N_{см} = 4,2$  кВт.

Аналогично определяются режимы резания для остальных технологических переходов. В ПЗ достаточно в качестве примера показать последовательность определения режимов для одного перехода. Данные по всему технологическому процессу необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 11.1 - Режимы резания

№ <sub>оп</sub>	Переходы	$t$ , мм	$S$ , мм/об (мм/мин)	$V$ , м/мин, (м/с)	$n$ , об/мин	$N$ , кВт ( $M_{кр}$ , Н·м)
005	1 Фрезеровать торцы					
	2 Центровать 2 отверстия					
010	Точить поверхности	1,5	0,4	125	2000	0,8

## 12 Нормирование технологического процесса

Одной из задач технологического проектирования является определение затрат времени на изготовление детали. Для этого устанавливаются нормы времени для каждой операции технологического процесса. Такое время называют штучным временем, оно определяется по формуле

$$t_{ум} = t_o + t_g + t_{обс} + t_{дон}, \quad (12.1)$$

где  $t_{ум}$  - штучное время;

$t_o$  - основное время;

$t_g$  - вспомогательное время;

$t_{обс}$  - время на обслуживание рабочего места;

$t_{дон}$  - дополнительное время на отдых и личные надобности.

Основное (технологическое) время  $t_o$  затрачивается на непосредственное изменение формы, размеров и состояния обрабатываемой заготовки, то есть на выполнение технологических переходов. Расчет основного времени производится с учетом особенностей конкретного метода обработки и выбранных режимов резания. При этом используется следующая общая формула

$$t_o = \frac{L}{S_m} i, \quad (12.2)$$

где  $L$  - длина рабочего хода, мм;

$S_m$  - минутная подача, мм/мин;

$i$  - число рабочих ходов.

Длина рабочего хода

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (12.3)$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  - длина врезания инструмента, мм;

$l_2$  - длина перебега инструмента, мм.

Число рабочих ходов определяется припуском на обработку. При точении, фрезеровании, строгании несколько рабочих ходов применяется при больших припусках или при снятии напуска. Большое число рабочих ходов характерно для шлифования, для последовательной обработки комплекса одинаковых поверхностей (зубьев, шлицев и т.п.).

Для различных видов обработки формулы основного технологического времени приведены в приложении И. Там же содержатся сведения о значениях длин врезания и перебега инструмента.

Вспомогательное время  $t_g$  расходуется на выполнение вспомогательных действий, непосредственно несвязанных с обработкой, но необходимых для нормального протекания технологической операции.

$$t_g = t_1 + t_2, \quad (12.4)$$

где  $t_1$  - время, несвязанное с переходом;

$t_2$  - время, связанное с переходом.

В состав времени несвязанного с переходом, включается время на установку и снятие заготовки, время на контрольные промеры и т.п. Время, связанное с переходом, расходуется на управление станком, холостые и ускоренные ходы и т.п. В некоторых случаях во вспомогательное время включается время, не вошедшее в состав времени, связанного с переходом. Такое время называют вспомогательным временем, не вошедшим в комплекс приемов, оно расходуется на действия, которые имеются только в некоторых технологических операциях (повороты стола, смена инструмента и т.п.).

Время на установку и снятие заготовки зависит от числа, устанавливаемых заготовок в многоместных приспособлениях. Если в процессе выполнения операции предусматривается переустановка заготовки, то время на установку и снятие включается дважды. Возможны также случаи, когда установка следующей заготовки производится во время обработки предыдущей. При определении вспомогательного времени следует четко представлять состав технологической операции и особенности ее выполнения. Для некоторых видов металлорежущих станков с ЧПУ их паспортными характеристиками задается время «от реза до реза». Это время от момента прекращения обработки одним инструментом до момента начала работы другого инструмента. Оно включает в себя ускоренный отвод инструмента, его смену и ус-

коренный подвод к обрабатываемой поверхности. Сведения о некоторых элементах вспомогательного времени приведены в приложении И.

Далее необходимо установить значение оперативного времени  $t_{on}$

$$t_{on} = t_o + t_g. \quad (12.5)$$

В состав оперативного времени следует включать только неперекрываемые элементы основного  $t_o$  и вспомогательного времени  $t_g$ .

Время на обслуживание рабочего места, а также дополнительное время на отдых и личные надобности определяются в процентах от оперативного времени, данные приведены в приложении И.

В серийном производстве определяется штучно-калькуляционное время

$$t_{шт.к} = t_{шт} + \frac{t_{нз}}{N}, \quad (12.6)$$

где  $t_{шт.к}$  - штучно-калькуляционное время, мин;

$t_{нз}$  - подготовительно-заключительное время, мин;

$N$  – размер партии запуска, шт.

Подготовительно-заключительное время расходуется переход от обработки партии одних деталей на обработку партии других деталей. В его состав включается время на изучение технологической документации, время на кинематическую и размерную настройку оборудования, время на замену установочных приспособлений и других средств технологического оснащения. Размер партии запуска устанавливается при определении типа производства. Ориентировочно он может быть определен как отношение годового объема выпуска деталей к периодичности запуска. Нормы подготовительно-заключительного времени приведены в приложении И.

В ПЗ следует подробно привести определение нормы времени для одной из технологических операций. Данные по остальным операциям необходимо оформить в виде таблицы 12.1.

Таблица 12.1 - Сводная таблица норм времени, мин

№ оп	Переходы	$t_o$	$t_g$		$t_{on}$	$t_{обс}$	$t_{дон}$	$t_{ум}$	$t_{нз}$	$t_{ум.к}$
			$t_{g1}$	$t_{g2}$						
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10

В качестве примера рассмотрим определение норм времени на токарную операцию.

Исходные данные:

- а) оборудование - токарный станок с ЧПУ 16Б16Т1;
- б) режущий инструмент – контурный резец с пластинкой твердого сплава Т15К6 (Резец 2103-0695 Т15К6 ГОСТ 20872-80);
- в) заготовка установлена в центрах;
- г) размер партии запуска  $N = 100$  шт.

Основное технологическое время

$$t_o = \frac{L}{S_m} i,$$

$$t_o = \frac{59}{800} 1 = 0,074 \text{ мин.}$$

Суммарная длина обработки  $l$  определяется длиной двух ступеней и перепадами диаметров двух торцевых поверхностей рисунок 12.1



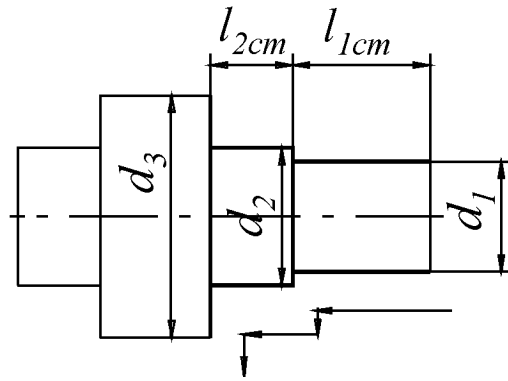


Рисунок 12.1 – Определение длины хода инструмента

$$l = l_{1cm} + \frac{d_2 - d_1}{2} + l_{2cm} + \frac{d_3 - d_2}{2},$$

$$l = 28 + \frac{25 - 20}{2} + 15 + \frac{44 - 25}{2} = 55 \text{ мм.}$$

Длина врезания  $l_1$  равна 3 мм, длина перебега  $l_2$  равна 1 мм (таблица И.3).

Суммарная длина рабочего хода  $L$

$$L = l + l_1 + l_2,$$

$$L = 55 + 3 + 1 = 59 \text{ мм.}$$

Минутная подача  $S_m$  при точении

$$S_m = S_o \cdot n,$$

$$S_m = 0,4 \cdot 2000 = 800 \text{ мм/мин.}$$

Вспомогательное время несвязанное с переходом (время на установку и снятие заготовки при базировании в центрах)  $t_{e1}$  равно 0,2 мин (таблица И.10). Вспомогательное время связанное с переходом (время на холостые ускоренные перемещения)  $t_{e2}$  равно длине перемещений  $l_{уск}$  деленной на скорость ускоренного перемещения  $V_{уск}$  (таблица Г.1).  $l_{уск}$  принята равной 400 мм для безопасной смены инструмента при повороте револьверной головки.

$$t_{\text{в2}} = \frac{l_{\text{уск}}}{V_{\text{уск}}},$$

$$t_{\text{в2}} = \frac{400}{6000} \approx 0,07 \text{ мин.}$$

Суммарное вспомогательное время  $t_{\text{в}}$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}},$$

$$t_{\text{в}} = 0,2 + 0,07 = 0,27 \text{ мин.}$$

Оперативное время  $t_{\text{оп}}$

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{в}},$$

$$t_{\text{оп}} = 0,074 + 0,27 = 0,344 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места  $t_{\text{обс}}$  и дополнительное время на отдых и личные надобности  $t_{\text{дон}}$  определяется в процентах от оперативного по таблице И.15 (8 процентов)

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{дон}} = t_{\text{оп}} \frac{a}{100},$$

$$t_{\text{обс}} + t_{\text{дон}} = 0,344 \frac{8}{100} = 0,027 \text{ мин.}$$

Штучное время  $t_{\text{шт}}$

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{дон}},$$

$$t_{\text{шт}} = 0,074 + 0,27 + 0,027 = 0,28 \text{ мин.}$$

Подготовительно- заключительное время  $t_{\text{пз}}$  равно 27 мин (таблица И.16)

Штучно-калькуляционное время  $t_{\text{шт.к}}$

$$t_{ум.к} = t_{ум} + \frac{t_{нз}}{N},$$

$$t_{ум.к} = 0,28 + \frac{27}{100} = 0,55 \text{ мин.}$$

Подробные сведения о назначении норм времени и исходные данные для их определения имеются в [11, 13].

### **13 Проектирование схем технологических наладок**

Схемой технологической наладки называют документ, наглядно отображающий принцип построения и порядок выполнения технологической операции. Она показывает характер относительных формообразующих перемещений заготовки и инструмента. На схеме указываются параметры точности, обеспечиваемые на переходе, приводятся режимы резания.

Схемы технологических наладок разрабатываются применительно к операции. Для простых операций поле чертежа формата А1 может быть разделено на несколько частей, минимальный размер соответствует формату А3. На схемах заготовка изображается в том виде, в котором она получается после выполнения данной операции или перехода. Ее положение должно соответствовать реальному, в котором она находится в технологической системе. На схемах наладок также показывается режущий инструмент в положении, которое он занимает после окончания перехода. Осевой инструмент для обработки отверстий (сверла, зенкеры, развертки, метчики и др.) показывается вне отверстия. На схемах технологических наладок следует также показать траекторию перемещения исполнительных органов станка (инструмента или стола с заготовкой). Для обозначения рабочих ходов следует использовать стрелки, выполненные сплошной линией, для холостых ускоренных перемещений – стрелки, выполненные пунктирной линией. Обрабатываемые поверхности заготовки

следует показывать сплошной линией толщиной  $(2 - 3)S$  ( $S$  - толщина основной линии чертежа).

Для технологических операций, выполняемых в многопозиционных приспособлениях, необходимо привести схему установки заготовок в различных позициях. При использовании, оснащенных револьверными головками, следует показать расстановку режущих инструментов в гнездах головки.

Примеры схем технологических наладок приведены на рисунках 13.1, 13.2.

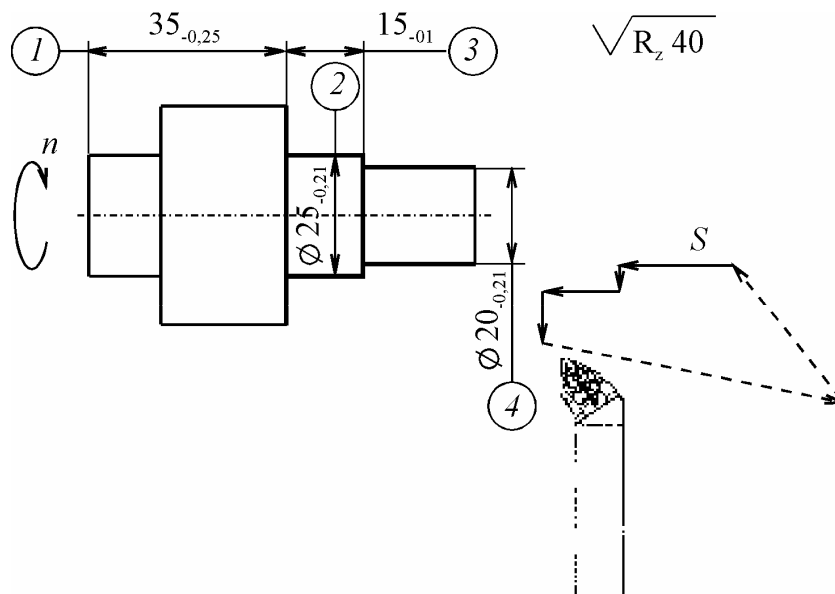


Рисунок 13.1 – Схема технологической наладки на токарную операцию

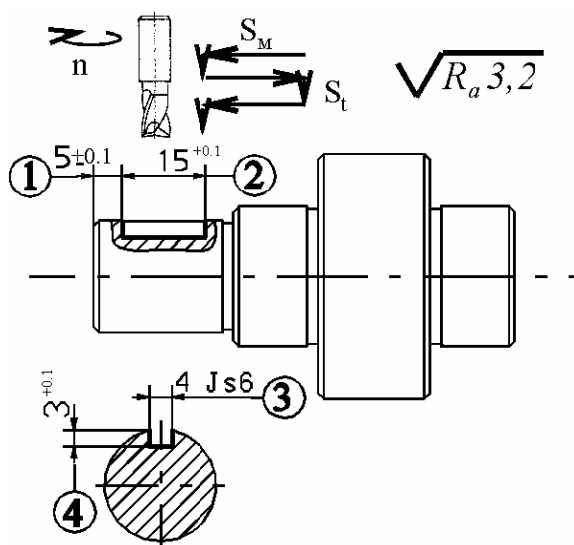


Рисунок 13.2 – Схема технологической наладки на операцию фрезерования шпоночного паза

На свободном месте чертежа необходимо привести теоретическую схему базирования, сопроводив ее заголовком «Схема базирования». Над основной надписью чертежа помещается таблица с информацией о технологической операции, рисунок 13.3. Таблица заполняется снизу вверх по переходам.

005		Точить поверхности, выдерживая размеры 1 - 4	16Б16Т1	Резец 2103-02011 Т15К6 ГОСТ 20872-80	157	2000	0,3
№ оп	№ пер	Содержание операции	Оборудование	Инструмент	V, м/мин	$\frac{P}{об/мин}$	S, мм/об
10	10		23	23	15	15	15
			185				

Рисунок 13.3 – Таблица с информацией об операции

На наладках все размеры обрабатываемых поверхностей нумеруются арабскими цифрами. Номер размера обрабатываемой поверхности проставляется в окружности диаметром 6 - 8 мм на продолжении размерной линии. Нумерацию следует производить по часовой стрелке. Операции нумеруются числами ряда арифметической прогрессии (5, 10, 15 и т.д.). Допускается к числам добавлять слева нули (005, 010, 015 и т.д.). Переходы следует нумеровать числами натурального ряда (1, 2, 3 и т.д.).

Описание технологических переходов приводится в соответствии с ГОСТ 3.1702-79 «Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием». Содержание перехода включает: ключевое слово, характеризующее метод обработки; наименование объектов производства, обрабатываемых поверхностей, конструктивных элементов; информацию о размерах или их условных обозначениях; дополнительную информацию. Подробные данные по описанию переходов приведены в разделе 14.

## 14 Оформление технологической документации

Разработка технологического процесса механической обработки детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса – технологических карт.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой) и типа производства.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без описания технологических переходов. Применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

Для крупносерийного и массового типа производства, а также при необходимости в серийном производстве приводится подробное описание технологического процесса. При этом разрабатывается маршрутная карта, которая содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Сами технологические операции приводятся на операционных картах и картах эскизов. Кроме сведений приводимых в маршрутных картах в операционной технологии приводится содержание всех основных и вспомогательных переходов, размерная информация, сведения о режимах обработки, сведения об используемых средствах технологического оснащения.

При выполнении курсового проекта разработанный технологический процесс представляется в виде маршрутного описания, а на одну из наиболее характерных операций приводятся операционные технологические карты и карты эскизов. В дипломном проекте рекомендуется операционные технологические карты оформлять на все операции технологического процесса.

## 14.1 Оформление основной надписи

Основная надпись состоит из нескольких блоков и должна соответствовать ГОСТ 3.1103-82. В основной надписи содержатся сведения о разработчиках технологического документа, о числе страниц документа, общие данные о детали и заготовке и др. Пример заполнения граф основной надписи, обязательных при курсовом и дипломном проектировании, приведен на рисунке 14.1. Информация, приведенная в скобках, должна быть заменена на фактическую для данного проекта. В качестве литеры следует использовать: ДП – для дипломного проекта, КП – для курсового проекта.

## 14.2 Оформление маршрутных карт

Маршрутная карта (МК) является основным и обязательным документом любого технологического процесса. Формы и правила оформления маршрутных карт, применяемых при проектировании технологических процессов изготовления или ремонта изделий в основном и вспомогательном производствах, регламентированы ГОСТ 3.1118-82 «Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт».

Для описания технологических процессов в маршрутной карте используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы отображают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки формы документа, и предназначены для автоматизированной обработки информации, содержащейся в технологических картах. В качестве служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки. Некоторые служебные символы приведены в таблице 14.1.

		Код документа в соответствии с СТО 02069024.101-2010					(Всего листов)		(№ листа)	
		ГОУ ОГУ		(Номер детали)		АКИ		Кафедра ТММСК		
		(Название детали по конструкторскому документу)						(Листа)		
<b>Разраб</b>	Иванов	1.09.08								
<b>Проверил</b>	Петров									
<b>Принял</b>	Петров									
<b>Утвердил</b>	Сидоров									
<b>Н контр</b>	Кузнецов									

Рисунок 14.1 – Пример оформления основной надписи технологических документов



Таблица 14.1 – Служебные символы и соответствующая им информация

Служебный символ	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; код и наименование операции
Б	Код, наименование оборудования и информация по трудозатратам
М	Информация о применяемом, основном материале и исходной заготовке, о применяемых исходных и комплектующих материалах, кодах единицы величины, единицы нормирования, количестве на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке
Р	Информация о режимах обработки (используется при операционном описании)

В строках, имеющим служебный символ А, наименование операции должно соответствовать данным таблицы 14.3. Код и наименование оборудования приводится в соответствии с таблицей 14.3. При заполнении информации на строках, имеющих служебный символ "Т", следует руководствоваться требованиями соответствующих классификаторов, государственных и отраслевых стандартов на кодирование (обозначение) и наименование технологической оснастки (таблица 14.4). Информацию о применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности:

- 1) приспособления;
- 2) вспомогательный инструмент;
- 3) режущий инструмент;
- 4) слесарно-монтажный инструмент;
- 5) специальный инструмент;
- 6) средства измерения.

Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак «;».

Номер участка, цеха, рабочего места в учебном проектировании допускается не указывать. Также не обязательно кодировать информацию об оборудовании, ос-

настке, условиях и формах оплаты труда и др. При указании данных по оборудованию следует указывать наименование и модель станка. Данные по инструменту необходимо приводить в соответствии с государственными и отраслевыми стандартами (некоторые сведения имеются в приложении Д). Заполнение в маршрутных картах информации на строках, имеющих служебный символ "О", (описание переходов) в учебном проектировании не обязательно.

Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты, выбираются из таблицы 14.2.

Таблица 14.2 - Сведения, вносимые в отдельные графы и строки маршрутной карты

Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации					
1	2	3					
Обозначение документа	А	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции, например, ИОТ - инструкция по охране труда					
$T_{шт.}$	Б	Норма штучного времени на операцию, мин					
$T_{п.з}$	Б	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию, мин					
$K_{шт.}$	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании, зависящий от количества обслуживаемых станков:					
		Кол. станков	1	2	3	4	5
		$K_{шт.}$	1	0,65	0,48	0,39	0,35
ОП	Б	Объем производственной партии, шт.					
ЕН	М02, Б, К, М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, или норма времени, например, 1, 10, 100					
КОИД	Б	Количество одновременно обрабатываемых заготовок при выполнении одной операции					

Продолжение таблицы 14.2

1	2	3
КР	Б	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции
УТ	Б	Код условий труда. Включает в себя цифру, обозначающую - условия труда и букву, указывающую вид нормы времени Условия труда: 1 - нормальные; 2 - тяжелые и вредные; 3 - особо тяжелые, особо вредные; Вид нормы времени: Р - аналитически-расчетная; И – аналитически - исследовательская; Х - хронометражная; О - опытно-статистическая
Р	Б	Разряд работы, необходимый для выполнения операции. Обозначение включает три цифры: первая - разряд работы, две следующие - код формы и системы оплаты труда: 10 - сдельная форма оплаты труда; 11 - сдельная система оплаты труда прямая; 12 - сдельная система оплаты труда премиальная; 13 - сдельная система оплаты труда прогрессивная; 20 - повременная форма оплаты труда; 21 - повременная система оплаты труда простая; 22 - повременная система оплаты труда премиальная
Проф	Б	Код профессии согласно классификатору (таблица 14.6)
СМ	Б	Код степени механизации труда. Указывается цифрой: 1 - наблюдение за работой автоматов; 2 - работа с помощью машин и автоматов; 3 - вручную на машинах и автоматах; 4 - вручную без машин и автоматов; 5 - вручную при наладке машин

Продолжение таблицы 14.2

1	2	3
Код, наименование оборудования	Б	Код оборудования. Некоторые коды оборудования указаны в таблице 14.3
Код, наименование операции	А	Код операции согласно классификатору технологических операций. В таблице 14.3 приведены коды основных операций механической обработки. При наличии операции, выполняемой на станке с ПУ, к коду операции добавляется код 4103". После кода операции записывается её наименование
Цех	А	Номер цеха, в котором выполняется операция
Уч	А	Номер участка
РМ	А	Номер рабочего места
Опер	А	Номер операции в технологической последовательности изготовления, контроля и перемещения. Рекомендуемая нумерация операций: 005, 010, 015...
Код	МО2	Код материала.
ЕВ	МО2, К, М	Код единицы величины - массы, длины, площади и т. п. детали или заготовки. Для массы, указанной в "кг" - код 166; в "г" - 163; в "т"-168. Допускается вместо кода указывать единицы измерения величины
МД	МО2	Масса детали по конструкторскому документу
ЕН	МО2.Б, К,М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала или норма времени, например, 1, 10, 100
$N_{расх}$	МО2, К, М	Норма расхода материала
КИМ	МО2	Коэффициент использования материала
Код заготовки	МО2	Код заготовки по классификатору (таблица 14.5). Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, штамповка и т.д.)

Продолжение таблицы 14.2

1	2	3
	MO1	Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта, технических условий. Запись, выполняется на уровне одной строки с применением разделительного знака дроби "/", например, лист БОН-2,5х1000х2500 ГОСТ 19903-74/Ш-1УВ Ст. 3 ГОСТ 14637-89
Профиль и размеры	MO2	Обозначение профиля и размера заготовок. Рекомендуется указывать толщину, ширину и длину, сторону квадрата или диаметр и длину, например, 20х50х300, Ø 35. Профиль допускается не указывать
КД	MO2	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки
МЗ	MO2	Масса заготовки

Таблица 14.3 - Операции обработки резанием и используемое оборудование

Наименование операции	Код (выборочно)	Код оборудования (выборочно)	Примечание
1	2	3	4
Автоматно-линейная			
Агрегатная	4101	381881  381885  381887	Горизонтальные односторонние Горизонтально многосторонние Вертикальные одностоечные Вертикальные многостоечные
Долбежная	4175	381718	
Зубодолбежная	4152	381571	
Зубозакругляющая			
Зубонакатная			
Зубообкатывающая			

Продолжение таблицы 14.3

1	2	3	4
Зубоприрабатывающая			
Зубопритирочная			
Зубопротяжная			
Зубострогальная	4154	381520	
Зуботокарная			
Зубофрезерная	4153	381572	
Зубохонинговальная			
Зубошевинговальная	4157	381574	
Зубошлифовальная	4151	381561	
Шлиценакатная			
Шлицестрогальная			
Шлицефрезерная			
Комбинированная			
Виброабразивная			
Галтовка			
Доводочная			
Опиловочная			
Полировальная			
Притирочная			
Токарно-револьверная	4111	381131	С вертикальной осью
		381133	С горизонтальной осью
Торцеподрезная центровая			
Барабанно-фрезерная	4265	38167X	
Вертикально-фрезерная	4261	381611	Консольные
		381612	С крестовым столом
		384861	Специальные
Горизонтально-фрезерная	4268	381621	Консольные
		381631	Универсальные
		381632	Широкоуниверсальные
Карусельно-фрезерная			

Продолжение таблицы 14.3

1	2	3	4
Копировально-фрезерная			
Гравировально - фрезерная	4268	381641	
Продольно-фрезерная	4263	381661	Одностоечные
		381667	Двухстоечные
Резьбофрезерная	4271	381623	
Фрезерно – центровая	4269	381825	
Шпоночно – фрезерная			
Бесцентрово-шлифовальная			
Внутришлифовальная	4132	381312	
Заточная	4141	381361	Универсальные
		381363	Для фрез
		381367	Для свёрл
		381368	Для протяжек
Координатно-шлифовальная			
Кругло – шлифовальная	4131	381311	
Ленточно – шлифовальная			
Плоскошлифовальная	4133	381313	
Резьбо шлифовальная	4135	381316	
Торцешлифовальная			
Центрошлифовальная			
Шлицешлифовальная			

Таблица 14.4 - Коды на режущий инструмент, измерительные средства и технологическую оснастку (выборочно)

Наименование оснастки	Код
1	2
Свёрла спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком быстрорежущие	391210
Свёрла спиральные общего назначения с коническим хвостовиком быстрорежущие	391267
Свёрла твердосплавные	391303
Сверла для станков с ЧПУ и автоматических линий	391290
Метчики из углеродистой стали ручные	391310
Метчики быстрорежущие машинно-ручные	391330
Метчики твердосплавные	391350
Метчики для станков с ЧПУ	391391
Плашки резьбонарезные круглые	391510
Зенкеры быстрорежущие	391610
Зенкеры твердосплавные	391620
Зенкеры конические	391630
Зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ	391690
Развёртки ручные	391710
Развёртки машинные быстрорежущие	391720
Развёртки машинные твердосплавные	391740
Развёртки для станков с ЧПУ	391790
Фрезы твердосплавные	391801
Фрезы быстрорежущие	391802
Фрезы зуборезные и резьбовые	391810
Фрезы концевые	391820
Фрезы насадные	391830
Фрезы для станков с ЧПУ	391890
Резцы твердосплавные	392101
Резцы с механическим креплением пластин	392104
Резцы быстрорежущие	392110
Резцы для станков с ЧПУ	392190
Пилы круглые сегментные	392210
Протяжки	392302
Долбяки зуборезные	392410
Шеверы дисковые	392430
Головки зуборезные для конических колёс	392460



Продолжение таблицы 14.4

1	2
Гребёнки зуборезные	392480
Головки, плашки, ролики резьбонакатные	392500
Головки резьбонарезные	392514
Полотна ножовочные ручные и машинные	392540
Напильники и борфрезы	392900
Калибры гладкие и скобы	393120
Калибры для конусов Морзе	393131
Калибры для метрической резьбы (пробки, кольца)	393140
Меры длины концевые плоскопараллельные	393200
Штангенциркули	393311
Штангенрейсмасы	393320
Микрометры гладкие	393410
Микрометры резьбовые	393420
Глубиномеры микрометрические	393440
Нутромеры микрометрические	393450
Линейки лекальные	393510
Плиты проверочные и разметочные	393550
Индикаторы рычажно-пружинные	394130
Приборы измерительные универсальные	394300
Приборы активного контроля	394630
Приборы для размерной настройки вне станка режущих инструментов для станков с ЧПУ	394650
Приборы для измерения режущего инструмента	394920
Инструмент алмазный шлифовальный на органической связке	397110
Инструмент алмазный шлифовальный на металлической связке	397120
Инструмент алмазный шлифовальный на керамической связке	397130
Инструмент абразивный из электрокорунда	398110
Инструмент абразивный из карбида кремния	398150
Патроны токарные	396110
Тиски машинные	396131
Головки делительные универсальные	396141
Столпы поворотные	396151
Приспособления универсальные сборные	396181
Ключи гаечные, торцовые, трубные, специальные	392650
Инструмент вспомогательный для станков с ЧПУ	392801
Центры вращающиеся	392841

Таблица 14.5 - Коды основных видов заготовок в машиностроении (выборочно)

Вид заготовок	Код
1	2
Сталь среднесортная низкоуглеродистая	09322X
Сталь мелкосортная низкоуглеродистая	09332X
Сталь сортовая конструкционная	09501X
Сталь сортовая углеродистая	09503X
Сталь сортовая легированная	09504X
Сталь сортовая инструментальная	0966XX
Отливки из серого чугуна	41112X
Отливки из легированных чугунов	41114X
Отливки из углеродистой стали	41121X
Поковки из проката черных металлов	41212X

Таблица 14.6 - Указатель кодов профессий в машиностроении (выборочно)

Наименование профессий	Код
Долбежник	11868
Заточник „	12260
Зуборезчик	12287
Зубошлифовщик	12290
Оператор автоматических линий	14972'
Оператор станков с ЧПУ	15292
Протяжник	16458
Разметчик	16641
Резчик на пилах, ножовках и станках	16937
Резьбофрезеровщик	17001
Резьбошлифовщик	17003
Сверловщик	17335
Строгальщик	17960
Токарь	18217
Токарь-карусельщик	18219
Токарь-полуавтоматчик	18225
Токарь-расточник	18235
Токарь-револьверщик	18236
Фрезеровщик	18632
Шлифовщик	18873

Пример оформления маршрутной карты приведен на рисунке 14.2

ОГУ 151001.4208.11															
Разраб	Иванов	Иглаб	1.09.08	ОГУ		7305.40.32									
Проверил	Петров														
Принял	Петров														
Утвердил	Сидоров														
Н. контр	Кузнецов	Кузнецов	21.09.08	Втулка											
Оптика СЧ 15 ГОСТ 1412-85															
М 01	АКИ Кафедра ТММСК														
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ				
	-	кг	1,6	1	1,9	0,85	-	Ø445×50		1	1,85				
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тиз	Тит
А 03	005				Токарная с ЧПУ										
Б 04	Токарный 16Б16Т1				1	Токарь	4	1Р	1	1	1	40	1	16	4,8
Т 05	Патрон трехшлицевый ГОСТ 2675-80; Резец 2103-07011 ВК8 ГОСТ 20872-80; Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-90														
А 06	010				Протяжная										
	Горизонтально протяжной 7Б55У				1	Прот	4	1Р	1	1	1	40	1	8	0,8
	Протяжка круглая (спец) ХВГ, Калибр 25														
МК															

Рисунок 14.2 – Пример оформления маршрутной карты

### 14.3 Оформление операционных карт

Структура построения операционной карты (ОК) идентична маршрутной. Запись информации выполняется построчно с привязкой к соответствующим служебным символам (таблица 14.1).

Указание единиц величины следует выполнять в заголовках или подзаголовках соответствующих граф. Допускается указывать единицы величины параметров технологических режимов после их числовых значений, например, 40 мм; 0,2 мм/об; 36 м/мин.

Указание данных по технологическим режимам следует выполнять после записи состава применяемой технологической оснастки.

Большинство граф операционной карты соответствует аналогичным графам маршрутной карты. Информацию по дополнительным графам следует вносить в соответствии с таблицей 14.7.

Таблица 14.7 – Информация по дополнительным графам операционной карты

Наименование (условное обозначение графы)	Содержание информации
ПИ	Номер позиции инструментальной наладки. Графа заполняется для станков с ЧПУ
$T_0$	Норма основного времени на операцию, мин
$D$ или $B$	Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали. Данные по " $D$ " или " $B$ " указываются с учетом величины врезания и перебега
$T_B$	Норма вспомогательного времени на операцию, мин
$L$	Расчетный размер длины рабочего хода с учетом величины врезания и перебега
$t$	Глубина резания
$i$	Число рабочих ходов
$S$	Подача
$n$	Частота вращения шпинделя
$V$	Скорость резания
-	Номер операции
СОЖ	Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости

Запись содержания перехода следует выполнять в соответствии с таблицами 14.8, 14.9, 14.10, 14.11. В курсовом и дипломном проектировании следует использовать полную запись переходов с картами эскизов (ГОСТ 3.1105-85 форма 2). При небольших размерах эскиза следует использовать операционные карты с полем для операционного эскиза (ГОСТ 3.1404-86 форма 2)

При описании содержания перехода необходимо указывать данные по  $T_0$  и  $T_v$ . Это следует выполнять на уровне строки, где записывается описание содержания перехода под служебным символом "O\*".

Переходы (основные и вспомогательные) нумеруются арабскими цифрами 1, 2, 3...

В общем случае в содержание перехода включается:

1) ключевое слово, характеризующее метод обработки, выраженное глаголом в неопределенной форме (таблица 14.8);

2) наименование в (существительное в винительном падеже) обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов или предметов производства, например, "отверстие", "фаску", "канавку", "заготовку" и т. п. (таблица 14.9)

3) информация о размерах обработки резанием или их условных обозначениях, приведенных на операционных эскизах арабскими цифрами в окружности диаметром 6 – 8 мм;

4) дополнительная информация, характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки, например, "предварительно", "последовательно", "по копиру" (таблица 14.10).

Параметры шероховатости обрабатываемой поверхности указываются только обозначениями на операционном эскизе.

Таблица 14.8 - Ключевые слова технологических переходов при обработке резанием

	Ключевое слово		Ключевое слово
1	Вальцевать	27	Сверлить
3	Врезаться	28	Строгать
4	Галтовать	29	Суперфинишировать
4	Гравировать	30	Точить
5	Довести	31	Хонинговать
6	Долбить	32	Шевинговать
7	Закруглить	33	Шлифовать
8	Заточить	34	Цековать
9	Затыловать	35	Центровать
10	Зенкеровать	36	Фрезеровать
11	Зенковать	37	Выверить
12	Навить (на станке)	38	Закрепить
13	Накатать	39	Настроить
14	Нарезать	40	Переустановить
15	Обкатать	41	Переустановить и закрепить
16	Опилить	42	Притереть
17	Отрезать	43	Переустановить, выверить и закрепить
18	Подрезать	44	Переместить
19	Полировать	45	Поджать
20	Приработать	46	Проверить
21	Протянуть	47	Смазать
22	Развернуть	48	Снять
23	Развальцевать	49	Установить
24	Раскатать	50	Установить и выверить
25	Рассверлить	51	Установить и закрепить
26	Расточить	52	Установить, выверить и закрепить

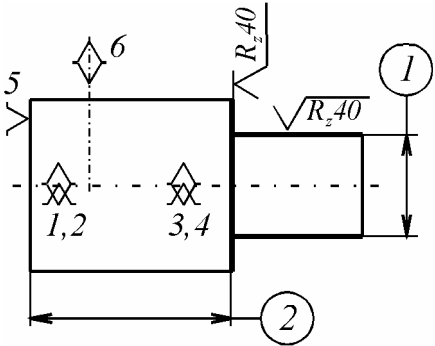
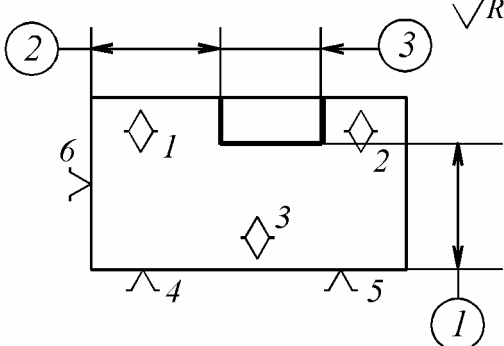
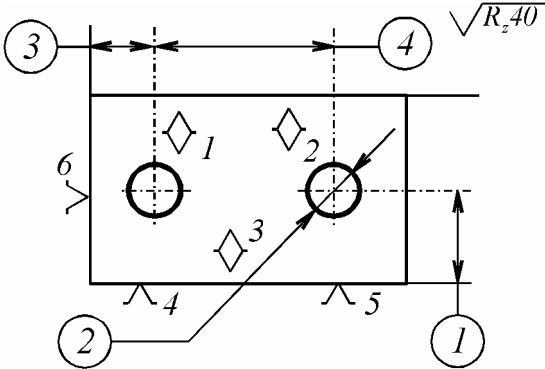
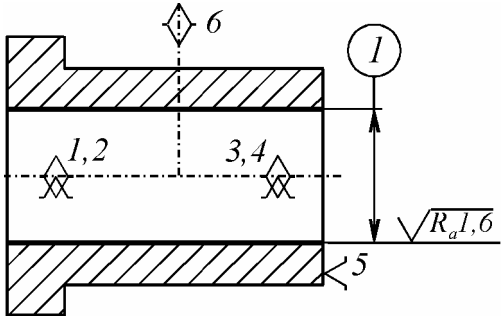
Таблица 14.9 - Наименование предметов производства, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов

Наименование			
Полное	Сокращенное	Полное	Сокращенное
Буртик (Буртики)	Бурт.	Паз (Пазы)	-
Выточка (Выточки)	Выт-ка	Поверхность (Поверхности)	Поверхн.
Галтель (Галтели)	Галт.	Пружина (Пружины)	Пруж.
Деталь (Детали)	Дет.	Резьба	-
Заготовка	Загот.	Рифление	Рифл.
Зуб (Зубья)	-	Ступень	Ступ.
Канавка (Канавки)	Канав.	Сфера	-
Контур	К-р	Торец (Торцы)	-
Конус	Кон.	Фаска (Фаски)	-
Лыска (Лыски)	-	Червяк	Черв.
Отверстие (Отверстия)	Отв.	Цилиндр	Цил.

Таблица 14.10 - Дополнительная информация

Наименование дополнительной информации			
Полное	Сокращенное	Полное	Сокращенное
<i>n</i> - количество последовательно (одновременно) обрабатываемых поверхностей	-	Шпоночный	Шпон.
Внутренняя	Внутр.	Т-образный	-
Глухое	Глух.	«Ласточкин хвост»	-
Кольцевая	Кольц.	Окончательно	Оконч.
Коническая	Конич.	Одновременно	Одноврем.
Криволинейная	Криволин.	По копиру	По копир.
Наружная	Нар.	По программе	По прогр.
Сквозное	Сквозн.	Последовательно	Посл.
Спиральная	Спир.	Предварительно	Предв.
Ступенчатая	Ступ.	С подрезкой торца	С подрез, торц.
Уплотнительная	Уплотн.	С подрезкой торцев	С подрез, торцов
Фасонная	Фасон.	Согласно чертежу	Согл. черт.
Шлицевый	Шлиц.	Согласно эскизу	Согл. эск.

Таблица 14.11 – Примеры полной записи содержания переходов и соответствующие им операционные эскизы

Эскиз и запись перехода	Эскиз и запись перехода
 <p data-bbox="204 813 831 902">Точить поверхности, выдерживая размеры 1, 2 (1 и 2)</p>	 <p data-bbox="831 813 1468 902">Фрезеровать паз, выдерживая размеры 1 - 3</p>
 <p data-bbox="204 1355 831 1435">Сверлить 2 отв., выдерживая размеры 1 - 4</p>	 <p data-bbox="831 1332 1468 1413">Протянуть отв., выдерживая размер 1</p>

Пример оформления операционной карты приведен на рисунке 14.3.

#### 14.4 Оформление карты эскизов

Карта эскизов (КЭ) - основной графический документ, дающий наглядную информацию о выполняемой технологической операции.

Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций.

На каждом эскизе необходимо показать:



Исполнитель		Исполнитель		Исполнитель		Исполнитель	
<b>ОГУ 151001.4208.11</b>							
Разраб	Иванов	1.09.08	ОГУ	7305.40.32	АКИ Кафедра ТММСК		
Проверил	Петров						
Привил	Петров						
Утвердил	Сидоров						
Н контр	Кузнецов						
<b>Втулка</b>							
<i>Наименование операции</i>							
Протяжная							
СЧ15 ГОСТ 1412-85							
Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИД		
190-210	-	1,6	-	1,85	1		
<i>Оборудование, устройство ЧПУ</i>							
Обозначение программы							
-							
То	Тв	Тгз	Тшт	СОЖ			
0,2	0,25	8	0,8	-			
Р	Д или В		Л	l	i	S	n
0	ПИ						У
1 Установить заготовку на протяжку, закрепить протяжку в патроне							
Патрон для круглых протяжек, протяжка круглая ХВГ (спец.)							
О	2 Протянуть отверстие, выдерживая размер 1						
Р			32	40	0.4	1	-
О	3 Проверить						7
Т	Калибр-пробка 32Н7						
ОК							

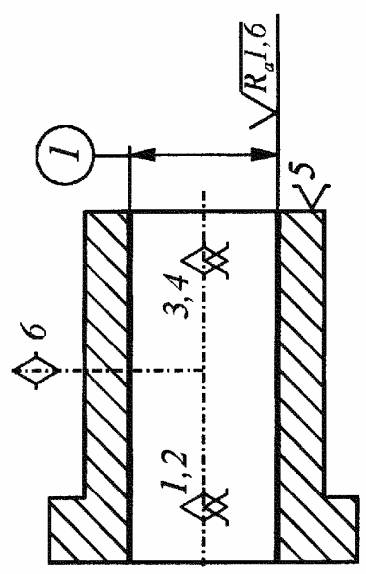


Рисунок 14.3 – Пример оформления операционной карты

а) заготовку в рабочем положении, причем ее контур изображается в таком виде, в каком она получается в конце данной операции или установа. Если операция выполняется за несколько установов, то эскиз оформляется на каждый установ отдельно;

б) поверхности, обрабатываемые на данной операции, (выделяются утолщенными линиями);

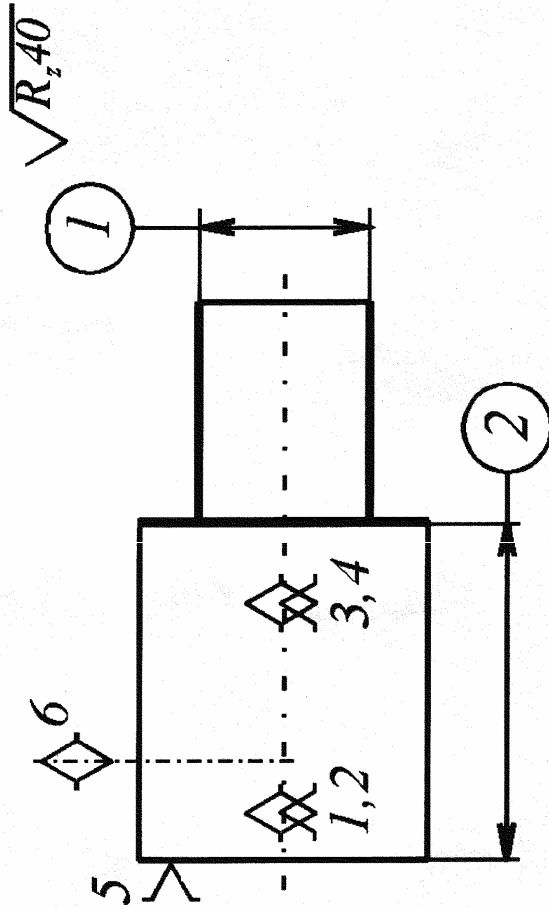
в) условное обозначение опор, зажимов, установочных устройств выполняется согласно ГОСТ 3.1107-81 «Единая система технологической документации. Опоры, зажим и установочные устройства. Графические обозначения». В учебном проектировании следует приводить теоретическую схему базирования с указанием шести опорных точек;

г) размеры, получаемые на данной операции с указанием допусков и шероховатости поверхности. При этом необходимо учесть, что на эскизе проставляются только те размеры, которые обеспечиваются на данной операции или переходе;

д) допуски погрешностей формы, взаимного расположения поверхностей, если их необходимо обеспечить на данной операции.

На рисунке 14.4 представлен пример оформления карты эскизов. Нумерация обрабатываемых поверхностей, проставляемая в окружностях, начинается с цифры 1. Последовательность простановки номеров в кружочках рекомендуется вести по ходу часовой стрелки. Нумерация относится только к конкретной рассматриваемой операции. На последующих операциях нумерация опять начинается с 1.

Разраб	Иванов	1.09.08	ОГУ	7305.40.32	Втулка	КП
Проверил	Петров					
Принял	Петров					
Утвердил	Сидоров					
Н контр	Кузнецов					



КЭ

Рисунок 14.4 – Пример оформления карты эскизов

## Список использованных источников

- 1 СТО 02069024.101-2010. Работы студенческие. Общие требования и правила оформления. – Введ. 2010 – 10 – 01. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2010. – 93 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т. / В. И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2000. - Т.1. - 521 с.
- 3 Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. -5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2001. - Т.1 - 912 с.
- 4 Основы проектирования машиностроительных заготовок: учебное пособие / С. И. Богодухов, А. Г. Схиртладзе, В. Ф. Гребенюк, Р. М. Сулейманов. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 344 с.
- 5 Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения: учебник для машиностроит. спец. вузов / И. М. Колесов – 3-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 2001. - 591 с.
- 6 Технология машиностроения (специальная часть) / А. А. Гусев. - М.: Машиностроение, 1986. - 480 с.
- 7 Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. -5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2001. - Т.2 - 496 с.
- 8 Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов [и др.]; под общ. ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988.- 736 с.
- 9 Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
- 10 Общемашиностроительные времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: в 2-х ч. – Ч.2. Нормативы режимов резания. - М.: Экономика, 1990. - 472 с.
- 11 Общемашиностроительные времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: в 2-х ч. - Ч. 1. Нормативы времени. - М.: Экономика, 1990. - 207с.

12 База данных по режущему инструменту: свидетельство о регистрации программного средства / К. Н. Абрамов, Ю. В. Голубева, Н. М. Егорова, Р. Р. Каримова, Л. В. Спиридонова. - Оренбург: ГОУ ОГУ. - Рег № 158. – 1 с.

13 Программа расчета основного времени для различных методов механообработки деталей машин: свидетельство о регистрации программного средства / К. Н. Абрамов, С. Е. Васюткин, В. В. Черняков., А. А. Корнипаева. - Оренбург: ГОУ ОГУ. Рег № 250. – 1 с.

14 Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

15 Автоматизированная система технологического размерного анализа (АСТРА): свидетельство о регистрации программного средства / К. Н. Абрамов - Оренбург: ГОУ ОГУ. Рег № 669. – 1 с.

16 Расчет припусков и межпереходных размеров в технологии машиностроения: учебное пособие / Я. М. Радкевич, В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.

## Приложение А

### Допуски исходных заготовок

(рекомендуемое)

Таблица А.1 - Классы размерной точности отливок в соответствии с ГОСТ 26645-85

Методы получения отливок	Наибольший габаритный размер, мм	Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообработываемые сплавы	Нетермообработываемые черные и цветные тугоплавкие и термообработываемые цветные легкие сплавы	Термообработываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообработываемые стальные сплавы
		Класс размерной точности			
1	2	3	4	5	6
Литье под давлением в металлические формы	До 100	3Г - 6	3 - 7Г	4 - 7	5Г - 8
	Св. 100 - 250	3 - 7Г	4 - 7	5Г - 8	5 - 9Г
	Св. 250 - 630	4 - 7	5Г - 8	5 - 9Г	6 - 9
Литье по выжигаемым моделям	До 100	3 - 7	4 - 8	5Г - 9Г	5 - 9
	Св. 100 - 250	4 - 8	5Г - 9Г	5 - 9	6 - 10
	Св. 250 - 630	5Г - 9Г	5 - 9	6 - 10	7Г - 11Г
Литье по выплавляемым моделям	До 100	4 - 8	5Г - 9Г	5 - 9	6 - 10
	Св. 100 - 250	5Г - 9Г	5 - 9	6 - 10	7Г - 11Г
	Св. 250 - 630	5 - 9	6 - 10	7Г - 11Г	7 - 11

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	До 100	5т - 9т	5 - 9	6 - 10	7т - 11т
	Св. 100 - 250	5 - 9	6 - 10	7т - 11т	7 - 11
	Св. 250 - 630	6 - 10	7т - 11т	7 - 11	8 - 12
	Св. 630 - 1600	7т - 11т	7 - 11	8 - 12	9т - 13т
Литье в песчаноглинистые сырые формы (влажность до 2,8%) Литье по газифицированным моделям в песчаные формы Литье в формы, отверждаемые в контакте с холодной оснасткой Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями Литье в облицованный кокиль	До 100	5 - 10	6 - 11т	7т - 11	7 - 12
	Св. 100 - 250	6 - 11т	7т - 11	7 - 12	8 - 13т
	Св. 250 - 630	7т - 11	7 - 12	8 - 13т	9т - 13
	Св. 630 - 1600	7 - 12	8 - 13т	9т - 13	9 - 13

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Литье в песчано-глинистые сырые формы (влажность от 2,8 % до 3,5 %) Литье центробежное (внутренние размеры) Литье в формы, отверждаемые в контакте с холодильной оснасткой Литье в вакуумно-пленочные формы	До 100	6 - 11т	7т - 11	7 - 12	8 - 13т
	Св. 100 - 250	7т - 11	7 - 12	8 - 13т	9т - 13
	Св. 250 - 630	7 - 12	8 - 13т	9т - 13	10 - 14
	Св. 630 - 1600	8 - 13т	9т - 13	9 - 13	10 - 14
Литье в песчано-глинистые сырые формы (влажность от 3,5 % до 4,5 %) Литье в оболочковые формы Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы	До 100	7т - 11	7 - 12	8 - 13т	9т - 13
	Св. 100 - 250	7 - 12	8 - 13т	9т - 13	9 - 13
	Св. 250 - 630	8 - 13т	9т - 13	9 - 13	10 - 14
	Св. 630 - 1600	9т - 13	9 - 13	10 - 14	11т - 14



Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6
Литье в песчано-глинистые сырые формы (влажность более 4,5 %)	До 100	7 - 12	8 - 13т	9т - 13	9 - 13
	Св. 100 - 250	8 - 13т	9т - 13	9 - 13	10 - 14
	Св. 250 - 630	9т - 13	9 - 13	10 - 14	11т - 14
	Св. 630 - 1600	9 - 13	10 - 14	11т - 14	11 - 15
<p>Примечание - К цветным легкоплавким сплавам отнесены сплавы с температурой плавления ниже 700 °С (973 К), к цветным тугоплавким – сплавы с температурой плавления выше 700 °С (973 К), к легким отнесены сплавы с плотностью до 3,0 г/см<sup>3</sup>·0, к тяжелым – сплавы с плотностью свыше 3,0 г/см<sup>3</sup>·0.</p>					

Допуски размеров отливок определяются в зависимости от класса размерной точности по таблице А.2

Таблица А.2 - Допуски размеров отливок для классов размерной точности

В миллиметрах

Интервал номинальных размеров	Классы размерной точности										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
Св. 4>6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
>6>10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
>10>16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
>16>25	0,10	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
>25>40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
>40>63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
>63>100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
>100>160	0,16	0,2	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
>160>250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
>250>400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
>400>630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20
>630>1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
>1000>1600	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80

Продолжение таблицы А.2

В миллиметрах

Интервал номинальных размеров	Классы размерной точности										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
Св. 4>6	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
>6>10	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4	5	-	-	-
>10>16	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	-	-
>16>25	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
>25>40	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0
>40>63	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
>63>100	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0
>100>160	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
>160>250	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0
>250>400	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
>400>630	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
>630>1000	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
>1000>1600	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0

Для определения предельных отклонений стальных штампованных поковок по ГОСТ 7505-89 следует найти индекс поковки по формуле

$$I = N + (M - 1) + (C - 1) + 2(T - 1), \quad (\text{A.1})$$

где  $N$  - коэффициент, зависящий от массы заготовки;

$M$  - коэффициент, зависящий от группы стали заготовки;

$C$  - коэффициент, зависящий от степени сложности заготовки;

$T$  - коэффициент, зависящий от класса точности заготовки.

Коэффициент  $N$  принимается по таблице А.3

Таблица А.3 - Значения коэффициента  $N$  в зависимости от массы заготовки

Масса, кг	$N$
До 0,5	1
Св. 0,5 до 1,0	2
Св. 1,0 до 1,8	3
Св. 1,8 до 3,2	4
Св. 3,2 до 5,6	5
Св. 5,6 до 10,0	6
Св. 10,0 до 20,0	7
Св. 20,0 до 50,0	8
Св. 50,0 до 125,0	9
Св. 125,0 до 250,0	10

В соответствии с ГОСТ 7505-89 установлено три группы стали:  $M1$ ,  $M2$ ,  $M3$ .

$M1$  - сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 %, ( $M = 1$ ).

$M2$  - сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 % до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 % до 0,5 %, ( $M = 2$ ).

$M3$  - сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %, ( $M = 3$ ).

Степень сложности, определяется путем вычисления отношения массы (объема)  $G_n$  поковки к массе (объему)  $G_\phi$  геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой. При вычислении отношения  $G_n/G_\phi$  принимают геометрическую фигуру, имеющую наименьшую массу (объем). Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения  $G_n/G_\phi$ :

C1 - св. 0,63 ( $C = 1$ );

C2 - св. 0,32 до 0,63 ( $C = 2$ );

C3 - св. 0,16 до 0,32 ( $C = 3$ );

C4 - до 0,16 ( $C = 4$ ).

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления, а также исходя из требований, предъявляемых к точности размеров поковки по таблице А.4. Эти требования определяются конструктивными характеристиками поковки, шероховатости обработанной поверхности детали, изготавливаемой из поковки, от величин размеров и массы поковки, от типа производства.

Таблица А.4 - Классы точности штампованных поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные прессы:					
открытая штамповка				+	+
закрытая штамповка		+	+		
выдавливание			+	+	+
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Значения коэффициента  $T$  в формуле (А.1) соответствуют классам точности:

$T1 - T = 1$ ;

$$T2 - T = 2;$$

$$T3 - T = 3;$$

$$T4 - T = 4;$$

$$T5 - T = 5.$$

Предельные отклонения размеров поковок назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по таблице А.5.

Таблица А.5 – Предельные отклонения размеров поковок

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм					
	До 40	40-63	63-100	100-160	160-250	Св. 250
	Длина, ширина, диаметр, глубина, высота поковки, мм					
	До 40	40-100	100-160	160-250	250-400	400-630
1	2	3	4	5	6	7
1	+0,2 -0,1	+0,3 -0,1	+0,3 -0,2	+0,4 -0,2	+0,5 -0,2	+0,5 -0,2
2	+0,3 -0,1	+0,3 -0,1	+0,4 -0,2	+0,5 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3
3	+0,3 -0,2	+0,4 -0,2	+0,5 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3
4	+0,4 -0,2	+0,5 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,8 -0,4
5	+0,5 -0,2	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,8 -0,4	+0,9 -0,5
6	+0,5 -0,3	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,8 -0,4	+0,9 -0,5	+1,1 -0,5
7	+0,6 -0,3	+0,7 -0,3	+0,8 -0,4	+0,9 -0,5	+1,1 -0,5	+1,3 -0,7
8	+0,7 -0,3	+0,8 -0,4	+0,9 -0,5	+1,1 -0,5	+1,3 -0,7	+1,4 -0,8

Продолжение таблицы А.5

1	2	3	4	5	6	7
9	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6
	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9
10	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8
	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0
11	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1
	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,	-1,1
14	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0
	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5
15	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3
	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
16	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7
	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9
17	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2
	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1
18	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7
	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4
19	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3
	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7
20	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0
	-1,7	-1,0	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0
21	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7
	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3

Примечание - Допускаемые отклонения внутренних размеров поковок должны устанавливаться с обратными знаками

Допуски штампованных заготовок из титановых сплавов также могут быть приняты по ГОСТ 7505-89

Допуски штампованных заготовок из алюминиевых, магниевых и медных сплавов устанавливаются ОСТ 1.41137-87. Предельные отклонения определяются в зависимости от класса точности штамповки и вида размера. Данным стандартом предусмотрено шесть классов точности (таблица А.6) и несколько видов размеров, отличающихся условиями получения их в штампах (рисунок А.1).

Таблица А.6 – Классы точности штампованных заготовок из цветных сплавов

Класс точности штамповки	Метод получения
1	Заготовки, подвергаемые холодной плоскостной калибровке (чеканке) повышенной точности
2	Заготовки, подвергаемые холодной плоскостной калибровке (чеканке) обычной точности
3	Заготовки, подвергаемые горячей плоскостной калибровке
4	Заготовки, получаемые обычными методами с применением в большинстве случаев калибровочных операций
5	Заготовки, получаемые обычными методами с применением в отдельных случаях калибровочных операций
6	Заготовки, получаемые обычными методами штамповки

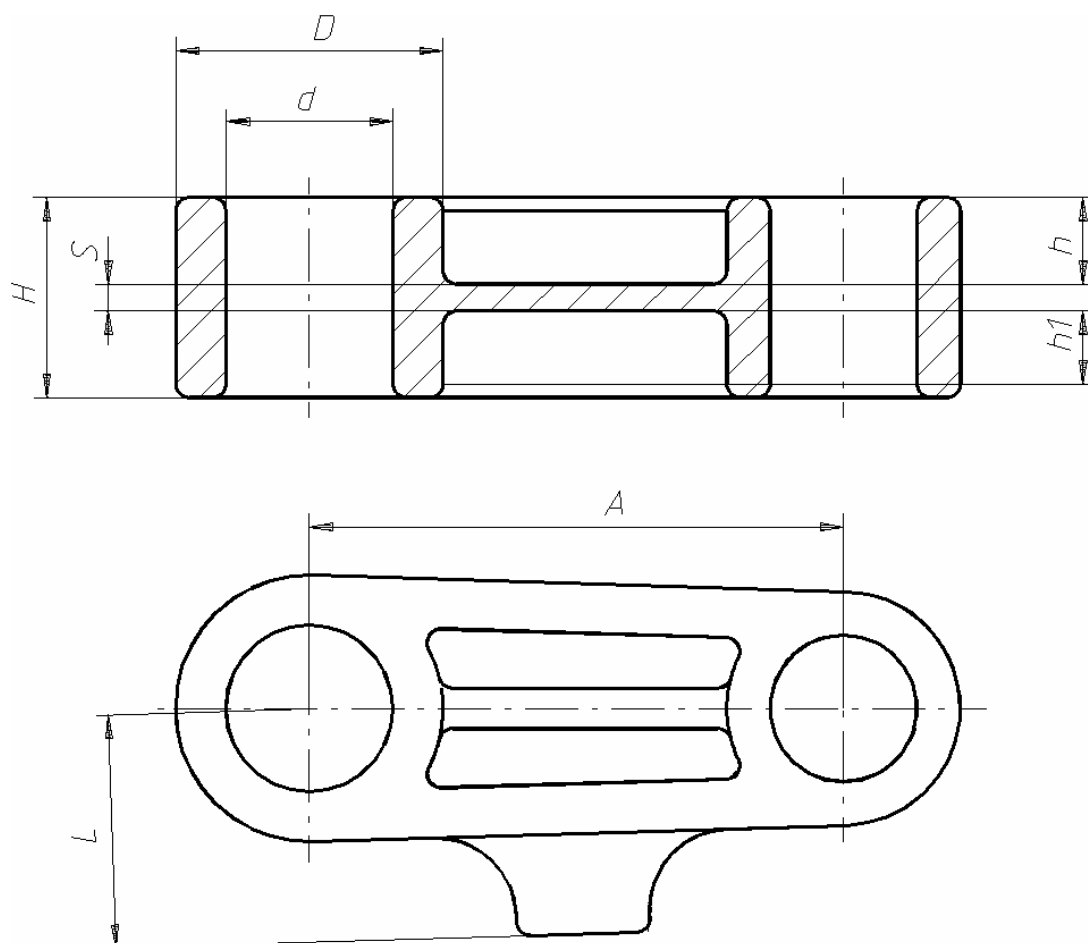


Рисунок А.1 – Виды размеров заготовки

На рисунке А.1 показаны следующие виды размеров:

- вертикальные размеры  $H$ ,  $S$ , определяющие толщину штампованной заготовки и зависящие от двухстороннего износа штампов;
- размер  $h_1$ , определяющий высоту ребра и зависящий от одностороннего износа штампов;
- размер  $h$ , определяющий глубину выемки и зависящий от одностороннего износа штампов;
- горизонтальные размеры  $D$ ,  $d$ , определяющие длину, ширину или диаметр штампованной заготовки и зависящие от двухстороннего износа штампов;
- горизонтальный размер  $L$ , зависящий от одностороннего износа штампов;
- размер  $A$ , определяющий расстояния между центрами бобышек и независящий от износа штампов;

По таблице А.7 также назначаются предельные отклонения размеров  $h$  (глубина выемки). При этом отклонения увеличиваются в 1,5 раза и принимаются с обратным знаком.

Таблица А.7 – Предельные отклонения размеров  $H$ ,  $S$  (толщина заготовки)

Площадь проекции заготовки на плоскость разъема, см <sup>2</sup>	Классы точности		
	4	5	6
	Предельные отклонения, мм		
До 16	+0,20	+0,30	+0,50
	-0,10	-0,20	-0,30
Св. 16 до 25	0,25	+0,40	+0,60
	-0,15	-0,20	-0,30
Св. 25 до 40	0,30	+0,50	+0,70
	-0,15	-0,30	-0,40
Св. 40 до 80	+0,35	+0,60	+0,90
	-0,20	-0,30	-0,50
Св. 80 до 160	+0,45	+0,70	+1,10
	-0,20	-0,40	-0,60
Св. 160 до 320	+0,55	+0,90	+1,40
	-0,25	-0,50	-0,70
Св. 320 до 480	+0,70	+1,10	+1,80
	-0,35	-0,60	-0,90



Таблица А.8 – Предельные отклонения размеров  $h_1$  (высота ребра)

Площадь проекции заготовки на плоскость разреза, см <sup>2</sup>	Классы точности		
	4	5	6
	Предельные отклонения, мм		
До 16	+0,05	+0,10	+0,15
	-0,05	-0,10	-0,15
Св. 16 до 25	0,05	+0,10	+0,15
	-0,10	-0,15	-0,20
Св. 25 до 40	0,10	+0,15	+0,20
	-0,10	-0,150	-0,25
Св. 40 до 80	+0,10	+0,15	+0,25
	-0,15	-0,20	-0,30
Св. 80 до 160	+0,10	+0,20	+0,30
	-0,15	-0,25	-0,40
Св. 160 до 320	+0,15	+0,25	+0,35
	-0,20	-0,30	-0,50

Таблица А.9 – Предельные отклонения размеров  $D$ ,  $L$  и  $d$  (горизонтальные наружные и внутренние размеры)

Размер заготовки, мм	Классы точности		
	4	5	6
	Предельные отклонения, мм		
До 16	+0,20	+0,30	+0,40
	-0,10	-0,20	-0,20
Св. 16 до 25	0,30	+0,40	+0,60
	-0,15	-0,20	-0,30
Св. 25 до 40	0,35	+0,50	+0,70
	-0,15	-0,30	-0,40
Св. 40 до 60	+0,40	+0,60	+0,80
	-0,20	-0,30	-0,50
Св. 60 до 100	+0,55	+0,70	+0,90
	-0,30	-0,40	-0,60
Св. 100 до 160	+0,70	+0,90	+1,10
	-0,40	-0,50	-0,70
Св. 160 до 250	+0,85	+1,10	+1,40
	-0,55	-0,70	-0,90
Св. 250 до 360	+1,10	+1,30	+1,80
	-0,75	-0,80	-1,10
<p>Примечания</p> <p>1 Предельные отклонения на внутренние размеры <math>d</math> принимаются с обратными знаками.</p> <p>2 Предельные отклонения на размеры <math>L</math> принимаются для удвоенных размеров с уменьшением отклонений в два раза.</p>			

Таблица А.10 – Предельные отклонения размеров А (расстояния между центрами бобышек)

Размер заготовки, мм	Классы точности		
	4	5	6
	Предельные отклонения, мм		
До 40	±0,05	±0,10	±0,15
Св. 40 до 60	±0,10	±0,15	±0,20
Св. 60 до 100	±0,15	±0,20	±0,30
Св. 100 до 160	±0,20	±0,30	±0,50
Св. 160 до 250	±0,25	±0,40	±0,70
Св. 250 до 360	±0,35	±0,55	±0,90
Св. 360 до 50±0	±0,45	±0,70	±1,10

Предельные отклонения калиброванных заготовок (классы точности 1 – 3) на размеры Н, D принимаются по 4 классу точности.

Таблица А. 11- Предельные отклонения листовой стали в соответствии с ГОСТ 19903-74

В миллиметрах

Толщина стали		Предельные отклонения при ширине						
от	до	1000-1200	1200-1500	1500-1700	1700-1800	1800-2000	2000-2300	2300-2500
12,0	25,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,8
		-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8
25,0	30,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9
		-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
30,0	34,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9
		-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
34,0	40,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0
		-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1
40,0	50,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1
		-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
50,0	60	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
		-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
60,0	70,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2
		-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
70,0	80,0	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2
		-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2
80,0	90,0	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
		-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
90,0	100,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4
		-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7

Продолжение таблицы А. 11

Толщина стали		Предельные отклонения при ширине						
от	до	2500- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200	3200- 3400	3400- 3600	3600- 3800
12,0	25,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4
		-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8
25,0	30,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
		-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
30,0	34,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
		-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
34,0	40,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
		-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1
40,0	50,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
		-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
50,0	60	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
		-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
60,0	70,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
		-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
70,0	80,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
		-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2
80,0	90,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
		-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
90,0	100,0	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
		-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7

Допуски круглой калиброванной стали по ГОСТ 7417-75 соответствуют стандартным полям допусков h9, h10, h11, h12. Номинальные диаметры калиброванного прутка: 3,0; 3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 3,9; 4,0; 4,1; 4,2; 4,4; 4,5; 4,6; 4,8; 4,9; 5,0; 5,2; 5,3; 5,5; 5,6; 5,8; 6,0; 6,1 6,3; 6,5; 6,7; 6,9; 7,0; 7,1; 7,3; 7,5; 7,7; 7,8; 8,0; 8,2; 8,5; 8,8; 9,0; 9,2; 9,3; 9,5; 9,8; 10,0; ; 10,2; 10,5; 10,8; 11,0; 11,2; 11,5; 11,8; 12,0; 12,2; 12,5; 12,8; 13,0; 13,2; 13,5; 13,8; 14,0; 14,2; 14,5; 14,8; 15,0; 15,2; 15,5; ,15,8; 16,0; 16,2; 16,5; 16,8; 17,0; 17,2; 17,5; 17,6; 17,8; 18,0; 18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 20,5; 21,0; 21,5; 22,0; 23,0; 24,0; 25,0; 26,0; 27,0; 28,0; 29,0; 30,0; ; 31,0; 32,0; 33,0; 34,0; 35,0; 36,0; 37,0; 38,0; 39,0; 40,0; 41,0; 42,0; 44,0; 45,0; 46,0; 48,0; 49,0; 50,0. ; 52,0; 53,0; 55,0; 56,0; 58,0; 60,0; 61,0; 62,0; 63,0; 65,0; 67,0; 69,0; 70,0; 71,0; 73,0; 75,0; 78,0; 80,0; 82,0; 85,0; 88,0; 90,0; 92,0; 95,0; 98,0; 100,0.

Точность горячекатаного проката приведена таблице А.12. В соответствии с ГОСТ 2590-2006. Группы точности: А – высокая; Б – повышенная; В – нормальная.

Таблица А.12 – Предельные отклонения проката

Диаметр $d$ , мм	Предельные отклонения, мм, при точности прокатки		
	А	Б	В
1	2	3	4
5			
5,5			
6			
6,3	+0,1		
6,5	-0,2		
7			
8			
9			
10		+0,1	+0,3
11		-0,5	-0,5
12			
13			
14	+0,1		
15	-0,3		
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22		+0,2	+0,4
23		-0,5	-0,5
24	+0,1		
25	-0,4		
26			
27		+0,2	+0,3
28		-0,7	-0,7

Продолжение таблицы А.12

1	2	3	4
29			+0,3
30			-0,7
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38	+0,1	+0,2	
39	-0,5	-0,7	+0,4
40			-0,7
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
50			
52			
53	+0,1	+0,2	+0,4
54	-0,7	-1,0	-1,0
55			
56			
58			
60			
62			
63			
65			
67	+0,1	+0,3	+0,5
68	-0,9	-1,1	-1,1
70			
72			
75			
78			

Продолжение таблицы А.12

1	2	3	4
80			
82			
85			
87	+0,3	+0,3	+0,5
90	-1,1	-1,3	-1,3
92			
92			
95			
97			
100			
105		+0,4	+0,6
110		-1,7	-1,7
115			
120			
125			
130			
135		+0,6	+0,8
140		-2,0	-2,0
145			
150			
155			
160			
165			
170	-		
175			
180			+0,9
185			-1,5
190			
195			
200		-	
210			
220			
230			+1,2
240			-3,0
250			
260			+2,0
270			-4,0

Таблица А.13 - Предельные отклонения полосы по ГОСТ 103-2006

Толщина полосы, мм	Предельные отклонения по толщине, мм		Ширина полосы, мм	Предельные отклонения по ширине, мм	
	Точность			Точность	
	Повышенная	Нормальная		Повышенная	Нормальная
От 4 до 6	+0,2 -0,3	+0,3 -0,5	Св. 10 до 60	+0,3 -0,9	+0,5 -1,0
Св. 6 до 16	+0,2 -0,4	+0,2 -0,5	63; 65	+0,3 -1,1	+0,5 -1,3
Св. 16 до 25	+0,2 -0,6	+0,2 -0,8	70; 75	+0,3 -1,3	+0,5 -1,4
Св. 25 до 32	+0,2 -0,7	+0,2 -1,2	80; 85	+0,5 -1,4	+0,7 1,6
Св. 32 до 45	+0,2 -1,0	+0,2 -1,6	90; 95	+0,6 -1,6	+0,9 -1,8
Св.45 до 50	+0,2 -1,5	+0,3 -2,0	100; 105	+0,7 -1,8	+1,0 -2,0
Св. 50 до 60	+0,2 -1,8	+0,3 -2,4	110	+0,8 -2,0	+1,0 -2,2
			120; 125	+0,9 -2,2	+1,1 -2,4
			Св. 130 до 150	+1,0 -2,4	+1,2 -2,8
			Св. 150 до 180	+1,2 -2,5	+1,4 -3,2
			Св. 180 до 200	+1,4 -2,8	+1,7 -4,0

## Приложение Б (рекомендуемое)

### Средняя экономическая точность обработки заготовок, получаемая различными методами

Таблица Б.1 - Точность обработки наружных цилиндрических поверхностей

Обработка	Квалитет	Шероховатость, мкм	Глубина де- фектного слоя, мкм
1	2	3	4
<b>Точение</b>			
черновое	14	50 – 6,3	120 – 60
	13		
	12		
получистовое	13	25 – 1,6	50 – 20
	12		
однократное	12	25 – 1,6	50 – 20
	11		
чистовое	10	6,3 – 0,4	30 – 20
	9		
	8		
тонкое	9	1,6 – 0,2	10 – 5
	8		
	7		
	6		
<b>Шлифование</b>			
предварительное	9	6,3 – 0,4	20
	8		
чистовое	7	3,2 – 0,2	15 – 5
	6		
тонкое	6	1,6 – 0,1	5
	5		
<b>Притирка, суперфиниширование:</b>			
	5	0,8 – 0,1	5 – 3
	4		



Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4
Обкатывание, алмазное выглаживание:			
	10 9 8 7 6 5	0,8 – 0,05	–
Примечание - Данные таблицы относятся к стальным деталям. Для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет выше.			

Таблица Б.2 - Точность и качество поверхности при обработке плоскостей

Обработка	Квалитет	Шероховатость, мкм	Глубина дефектного слоя, мкм
1	2	3	4
Фрезерование и строгание			
черновое	12	25 – 12,5	100 – 50
	10		
	8		
чистовое	11	6,3 – 1,6	50 – 20
	10		
	8 7		
тонкое	8	1,6 – 0,8	30 – 10
	7		
	6		
Торцовое точение и подрезка			
черновое	14	50 – 25	100 – 50
	12		
	11		

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4
чистовое или однократное	12	25 – 3,2	50 – 20
	11		
	10		
	8		
тонкое	10	3,2 – 0,8	30 – 10
	8		
	7		
Протягивание			
	10	6,3 – 1,6	50 – 10
	8		
	7		
Шлифование			
предварительное	10	3,2	20
	8		
	7		
чистовое или однократное	8	1,6 – 0,8	15 – 5
	7		
	6		
тонкое	7	0,8 – 0,2	5
	6		
	5		
Притирка, тонкое шабрение			
	5	0,8 – 0,2	5
<p>Примечание - Данные таблицы относятся к стальным деталям. Для деталей из чугуна или цветных сплавов предельные отклонения по точности можно принимать на один квалитет выше. Табличные данные относятся в случае обработки деталей жесткой конструкции при базировании по чисто обработанной поверхности и при использовании ее в качестве измерительной поверхности. Если эти поверхности не совпадают, то табличные значения технологических допусков необходимо увеличить на величину погрешности установки.</p>			

Таблица Б.3 - Точность и качество поверхности при обработке отверстий

Обработка	Квалитет	Шероховатость, мкм	Глубина де- фектного слоя, мкм
1	2	3	4
Сверление и рассверливание			
	13 12 11 10 9	25 – 6,3	70 – 25
Зенкерование			
черновое	13 12	25 – 12,5	50 – 30
однократное ли- того или проши- того отверстия	13 12 11 10	12,5 – 6,3	40 – 25
чистовое после чернового или сверления	9 8	12,5 – 6,3	40 – 25
Развертывание			
нормальное	11 10	3,2	25 – 15
точное	9 8 7	1,6	10
тонкое	6 5	0,8	5
Протягивание			
черновое	11 10	3,2	25 – 15
чистовое	9 8 7 6	1,6 – 0,8	10 – 5

Продолжение таблицы Б.3

1	2	3	4
Растачивание			
черновое	13	25 – 12,5	50 – 30
	12		
	11		
чистовое	10	6,3 – 3,2	25 – 15
	9		
	8		
тонкое	7	1,6 – 0,4	10 – 4
	6		
	5		
Шлифование			
предварительное	9	3,2	20
	8		
окончательное	7	1,6 – 0,8	20 – 5
	6		
тонкое	5	0,8 – 0,2	5
Притирка, хоннингование			
	5	0,4 – 0,05	5 – 3
	4		
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание			
	10 – 5	0,8 – 0,1	–
<p>Примечание - Данные таблицы относятся к стальным деталям. Для деталей из чугуна или цветных сплавов точность можно принимать на один квалитет выше.</p>			

Таблица Б.4- Точность и качество обработки зубчатых колес

Вид колес	Способ обработки	Степень точности
Цилиндрические	Фрезерование предварительное дисковой модульной фрезой	9
	Фрезерование чистовое дисковой модульной фрезой	8
	Фрезерование предварительное червячной фрезой	6 – 7
	Фрезерование чистовое червячной фрезой	4 – 5
	Долбление предварительное	7 – 8
	Долбление чистовое	5 – 6
	Шевингование черновое	7 - 8
	Шевингование чистовое	5 – 6
	Зубошлифование профильным кругом	6
	Зубошлифование тарельчатыми кругами	4 - 5
	Зубошлифование червячным кругом	3 - 4
	Обработка обкаточными резцами	8 - 9
Зубохонингование	5 - .7	
Конические	Строгание конических колес чистовое	6 - 7
	Строгание конических колес предварительное	7 - 8
	Круговое протягивание конических колес	8 - 9
	Фрезерование по методу обката	7 - 8

## Приложение В (рекомендуемое)

### Допуски размеров

Таблица В.1 - Поля допусков для размеров до 500 мм (ГОСТ25346-89)

В миллиметрах

Размер	Квалитеты						
	5	6	7	8	9	10	11
До 3	0,004	0,006	0,01	0,014	0,025	0,04	0,06
Св.3 до 6	0,005	0,008	0,012	0,018	0,03	0,048	0,075
>>6 >>10	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,09
>>10 >>18	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,07	0,11
>>18 >>30	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,13
>>30 >>50	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,1	0,16
>>50 >>80	0,013	0,019	0,03	0,046	0,074	0,12	0,19
>>80 >>120	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,14	0,22
>>120 >>180	0,018	0,025	0,04	0,063	0,1	0,16	0,25
>>180 >>250	0,02	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,29
>>250 >>315	0,023	0,032	0,052	0,081	0,13	0,21	0,32
>>315 >>400	0,025	0,036	0,057	0,089	0,14	0,23	0,36
>>400 >>500	0,027	0,04	0,063	0,097	0,155	0,25	0,4

Продолжение таблицы В.1

В миллиметрах

Размер	Квалитеты						
	11	12	13	14	15	16	17
До 3	0,06	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0
Св.3 до 6	0,075	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2
>>6 >>10	0,09	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5
>>10 >>18	0,11	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8
>>18 >>30	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1
>>30 >>50	0,16	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5
>>50 >>80	0,19	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0
>>80 >>120	0,22	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5
>>120 >>180	0,25	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0
>>180 >>250	0,29	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6
>>250 >>315	0,32	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2
>>315 >>400	0,36	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7
>>400 >>500	0,4	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3

## Приложение Г (рекомендуемое)

### Металлорежущие станки

Таблица Г.1 - Токарно – винторезные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	16Т02А	16Б04А	16Б05П	16Б16А
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:				
над станиной	125	200	250	320
над суппортом	75	115	145	180
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	250	350	500	750
Частота вращения шпинделя, об/мин	320-3200	320-3200	30-3000	20-2000
Число скоростей шпинделя	6	Б/с	Б/с	21
Наибольшее перемещение суппорта:				
продольное	65	—	540	700
поперечное	60	—	160	210
Подача суппорта, мм/об (мм/мин):				
продольная	—	0,01 - 0,175	0,02 - 0,35	0,01 - 0,7
поперечная	—	0,005 - 0,09	0,01 - 0,175	0,005 - 0,35
Число ступеней подач	—	—	—	—
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:				
продольного	—	—	—	—
поперечного	—	—	—	—
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	0,27	1,1	1,5	2,8, 4,6

Продолжение таблицы Г.1

Размеры в миллиметрах

Параметры	16Б16Т1	16К20	16К20	16К20
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:				
над станиной	320	400	400	500
над суппортом	125	220	220	215
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	750	1000	1000	900
Частота вращения шпинделя, об/мин	40-2000	12,5-1600	12,5-2000	10-2000
Число скоростей шпинделя	18	22	22	24
Наибольшее перемещение суппорта:				
продольное	700	645-1935	900	900
поперечное	210	308	250	250
Подача суппорта, мм/об (мм/мин):				
продольная	(2-1200)	0,05-2,8	(3-1200)	0,01-2,8
поперечная	(1-1200)	0,025 - 1,4	(1,5-600)	0,005-1,4
Число ступеней подач	Б/с	24	Б/с	Б/с
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:				
продольного	6000	3800	4800	6000
поперечного	5000	1900	2400	5000
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	4,2, 7,1	11	10	11



Таблица Г.2 - Вертикально-сверлильные станки

Параметры	Размеры в миллиметрах									
	2Н106П	2М112	2Н118	2Н125Л	2Н125	2Н135	2Р135Ф 2-1			
Наибольший условный диаметр сверления в ста- пи	6	12	18	25	25	35	35			
Рабочая поверхность стола	200 x 200	250 x 250	320 x 360	Диаметр 400	400 x 450	450 x 500	400x710			
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	250	400	650	700	700	750	600			
Вылет шпинделя	125	190	200	250	250	300	450			
Наибольший ход шпинделя	—	100	150	150	200	250	—			
Наибольшее вертикальное перемещение: свер- лильной (револьверной) головки	130	300	300	215	170	170	560			
Стол	—	—	350	525	270	300	—			
Конус Морзе отверстия шпинделя	1	28	2	3	3	4	4			
Число скоростей шпинделя	7	5	9	9	12	12	12			
Частота вращения шпинделя, об/мин	1000- 8000	450- 4500	180- 2800	90-1420	45-2000	31-1400	45-2000			
Число подач шпинделя (револьверной головки)	—	—	—	3	9	9	18			
Подача шпинделя (револьверной головки), мм/об	Ручная	0,1-0,3	0,1-1,6	0,1-1,6	0,1-1,6	0,1-1,6	10 500 (мм/мин )			
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	0,4	0,6	1,5	1,5	2,2	4,0	3,7			

Таблица Г.3 – Круглошлифовальные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	ЗУ10В	ЗА110В	ЗМ150	ЗЭ110М
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:				
диаметр	100	140	100	140
длина	160	200	360	200
Рекомендуемый (или наибольший) диаметр шлифования:				-
наружного	3-15	3-30	10-45	3-30
внутреннего	40	5-25	—	10-25
Наибольшая длина шлифования:				
наружного	160	180	340	180
внутреннего	50	50	—	50
Высота центров над столом	80	115	75	100
Наибольшее продольное перемещение стола	200	250	400	300
Угол поворота стола, град:				
по часовой стрелке	6	5	6	10
против часовой стрелки	7	6	7	10
Скорость автоматического перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	0,025-1	0,03-2,2	0,02-4	0,03-1,5
Частота вращения, об/мин, шпинделя заготовки с бесступенчатым регулированием	100-950	100-1000	100-1000	100-800
Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки	2	4; 3	4; 3	4
Наибольшие размеры шлифовального круга:				
наружный диаметр	250	250	400	250
высота	20	25	40	25
Перемещение шлифовальной бабки:				
наибольшее	60	60	80	80
на одно деление лимба	0,0025	0,0025	0,002	—
за один оборот толчковой рукоятки	0,00125	0,001	0,0005	0,005
Частота вращения шлифовального круга, об/мин, при шлифовании:				
наружном	1910	2680; 3900	2350; 1670	2300; 2700
внутреннем	—	40000; 70000	—	14000
Скорость врезной подачи шлифовальной бабки, мм/мин	0,05-0,5	—	0,05-5	—
Дискретность программируемого перемещения (цифровой индикации) шлифовальной бабки			0,001	
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,1	2,2	4	3

Продолжение таблицы Г.3

Размеры в миллиметрах

Параметры	ЗМ153	ЗТ153Е	ЗМ151	ЗМ151Ф2
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки:				
диаметр	140	140	200	200
длина	500	500	700	700
Рекомендуемый (или наибольший) диаметр шлифования:				
наружного	50	50	60	20-180
внутреннего	—	—	—	—
Наибольшая длина шлифования:				
Наружного	450	500	700	650
Внутреннего	—	—	—	—
Высота центров над столом	90	90	125	125
Наибольшее продольное перемещение стола	500	500	705	700
Угол поворота стола, град:				
по часовой стрелке	6	6	3	6
против часовой стрелки	7	7	10	7
Скорость автоматического перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	0,02-5	—	0,05-5	0.05-5
Частота вращения, об/мин, шпинделя заготовки с бесступенчатым регулированием	50-1000	63-700	50-500	50-500
Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки	4	4	4	4; 5
Наибольшие размеры шлифовального круга:				
наружный диаметр	500	500	600	600
высота	63	63	100	80
Перемещение шлифовальной бабки:				
наибольшее	100	90	185	235
на одно деление лимба	0,0025	0,005	0,005	0,005
за один оборот толчковой рукоятки	0,001	0,001	0,001	0,001
Частота вращения шлифовального круга, об/мин, при шлифовании:				
наружном	1900	1900	1590	1590
внутреннем	—	—	—	—
Скорость врезной подачи шлифовальной бабки, мм/мин	0,05-5	0,1-10	0,1-4	0,02-1,2
Дискретность программируемого перемещения (цифровой индикации) шлифовальной бабки				0,001; (0,1 стола)
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5	7,5	10	15,2

Таблица Г.4 – Шлицешлифовальные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	3451 3451В	3Б451-П 3В451-IV	3452В-V 3452В-VII	ЗП451	МШЗ14
Наружный (шлифуемый) диаметр шлицевого вала	25-125	14-125	80-400	35-100	14-230
Длина шлифуемой заготовки	200-710 200-1400	100-700 100-1400	300-2000 300-4000	200 710	200-2000
Наибольшая длина шлифуемых шлицев	550 1250	650 1350	1750 3750	60 380	50-1850
Число шлифуемых шлицев	3-96	2-98	8-120	3-98 -	2-98
Размеры рабочей поверхности стола	1500x250 2360x250	220 x1950 220 x 2650	540 x 4280 540 x 6275	250 1500	220-3250
Продольное перемещение стола	200-660 200-1620	200-990 200-1690	300-2800 300-4800	200-660	120-2290
Скорость продольного перемещения стола (бесступенчатое регулирование), м/мин	1-15	0,5-30	1-10	2-10	0,5-24
Наибольшее вертикальное перемещение шлифовальной бабки	150	180	300	100	180
Автоматическое вертикальное перемещение шлифовальной головки, мм/дв. ход	0,005-0,07	0,005-0,05	0,005-0,05	0,005-0,07	0,004-0,12
Частота вращения шлифовального круга, об/мин	2880; 4550; 6300	4430; 5760; 8860	1500-3000	2880; 4550; 6300	4550; 5830; 8900
Мощность электродвигателя, привода главного движения, кВт	3	3	6	3	4

Таблица Г.5 –Зубошлифовальные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры		5Д831	5Д833	5Д833Д	5В836
Наибольшие размеры обрабатываемых колес	Диаметр	125	320	320	800
	Модуль	1,5	6	6	8
	Ширина венца	80	170	180	320
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм		400	400	400	450
Мощность главного привода, кВт		4,0	7,5	7,5	7,5

Таблица Г.6 –Зубофрезерные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	5303ПТ	5303П 5303В	5304В	5К301П	53А10	5К310	53А20
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки	20	50	80	125	125	200	200
Наибольшие размеры нарезаемых колес:							
модуль	1	1	1,5	2,5	2,5	4	6
длина зуба прямозубых колес	50	50	100	100	140	200	180
угол наклона зубьев, град	—	—	±60	±45	±45	±60	±60
Наибольший диаметр червячной фрезы	32	40	80	100	100	125	125
Расстояние от торца стола до оси фрезы	75-125	120	45-170	100-250	100-250	145-365	160-410
Расстояние от оси инструмента до оси шпинделя заготовки	5-45	5-451	10-88	20-135	0-115	45-180	25-200
Наибольшее осевое перемещение фрезы	—	—	50	50	60	50	170
Частота вращения шпинделя инструмента, об/мин	400-4000	400-4000	200-1600	100-500	40-900	63-480	75-500
Подача, мм/об заготовки:							
вертикальная или продольная	0,063-1,0	0,063-1,0	0,1-1,6	0,35-45	0,1-70	0,63-4	0,45-120
радиальная	1,5-45	1,5-45	0,05-0,8	0,4-60	0,05-35	0,135-2	0,1-1,6
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,1	1,1	1,5	2,2	3,8	4	7,5, 8,5

Таблица Г.7 – Вертикально-фрезерные консольные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	6Т104	6Р10	6Р11Ф3	6Р12	6Р13	6Р13Ф3 01	6Р13РФ3
Размеры стола (ширина x длина)	160 x 630	-	250x1000	320x1250	400 x1600	400x1600	400x1600
Перемещение сто- ла продольное, попе- речное, вертикальное	400	500	630	800	1000	1000	1000
	160	160	200	280	300	400	400
	320	300	350	420	420	380	380
Перемещение гильзы со шпинделем	—	60	60	70	80	150	—
Наибольший угол поворота шпиндель- ной головки, град	±45	±45	±45	±45	±45	—	—
Конус шпинделя (конусность 7 24)	—	—	50	50	50	50	50
Число скоростей шпинделя	12	12	16	18	18	18	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	63-2800	50- 2240	50-1600	31,5-1600	31,5-1600	40-2000	40—2000
Число подач стола	12	12	16	18	18	Б/с	Б/с
Подача стола, мм/мин: продольная и по- перечная	11,2 - 500	25- 1120	35-1020	25-1250	25-1250	10-1200	10-1200
	—	12,5- 560	14-390	8,3-416,6	8,3-416,6	10-1200 (гильзы со шпинделем)	10-1200
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин: продольного и по- перечного	3800	2300	2900	3000	3000	2400	2400
	—	1120	1150	1000	1000	2400	2400
Мощность элек- тродвигателя привода главного движения, кВт	2,2	3	5,5	7,5	11	7,5	7,5

Таблица Г.8 - Вертикально-фрезерные станки с крестовым столом

Размеры в миллиметрах

Параметры	6520ФЗ	6540	6550	6550ФЗ	6550РФЗ
Размеры рабочей поверхности стола:	250 x 630	400 x 1000	500 x 1250	500 x 1000	500x1000
Наибольшие перемещения стола:					
продольное	500	800	1000	800	800
поперечное	250	400	500	500	500
шпиндельной бабки	350	430	530	530	530
гильзы шпинделя	—	120	120	—	—
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола	100-450	100-530	100-630	100-630	100-630
Внутренний конус шпинделя (по ГОСТ 15945-82)	45	50	50	50	50
Число скоростей шпинделя	18	18	18	20	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5-1600	31,5-1600	31,5-1600	20-1600	40-2000
Подача (бесступенчатое регулирование), мм/мин:					
стола	5-1500	10-2000	10-2000	4,8-1200 (ступенчатая)	5-1200
шпиндельной бабки	5-1500	4-800	4-800	4,8-1200 (ступенчатая)	5-1200
Скорость быстрого перемещения, мм/мин:					
стола	5000	3000	3000	1200-4800	4800
шпиндельной бабки	5000	800	800	1200-4800	4800
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4	7,5	10	8	4,3

Таблица Г.9 – Горизонтально-фрезерные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	6Т804Г	6Р80	6Р80Ш	6Р81
Размеры рабочей поверхности стола	-	200 x x800	200 x x800	250 x x1000
Наибольшее перемещение стола:				
продольное	400	500	500	630
поперечное	160	160	160	200
вертикальное	320	300	300	320
Расстояние:				
от оси горизонтального шпинделя до поверхности стола	30-350	20-320	50-350	50-370
от оси вертикального шпинделя до направляющих станины			205 (наим.)	
от торца вертикального шпинделя до поверхности стола			50-350	-
Наибольшее перемещение гильзы вертикального шпинделя	—	—	60	—
Наибольший угол поворота стола, град	-	±45	-	±45
Угол поворота вертикальной фрезерной головки, град, в плоскости, параллельной:				
продольному ходу стола	—	—	±90	—
поперечному ходу стола	—	—	45	—
от станины	—	—	30	—
к станине	—	—	—	—
Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945-82	—	40	40	45
Число скоростей шпинделя:				
горизонтального	12	12	12	16
вертикального	—	—	12	—
Частота вращения шпинделя, об/мин:				
Горизонтального	63-2800	50-2240	50-2240	50-1600
Вертикального	—	—	56-2500	—
Число рабочих подач стола	12	12	12	16
Подача стола, мм/мин:				
продольная	11,2-500	25-1120	25-1120	35-1020
поперечная	Ручная	25-1120	25-1120	28-790
Вертикальная	Ручная	12,5-560	12,5-560	14-390
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин				
Продольного	3800	2300	2300	2900
Поперечного	—	2300	2300	2300
вертикального	—	1120	1120	1150
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2.2	3	3	5,5



Продолжение таблицы Г.9

Размеры в миллиметрах

Параметры	6P81Ш	6P82Г	6P82Ш	6P83	6P83Ш
Размеры рабочей поверхности стола	250 x x1000	320 x x1250	320 x x1250	400 x x1600	400 x x1600
Наибольшее перемещение стола:					
продольное	630	800	800	1000	1000
поперечное	200	250	250	320	320
вертикальное	350	420	420	350	420
Расстояние:					
от оси горизонтального шпинделя до по- верхности стола	50-400	30-450	30-450	30-380	30-450
от оси вертикального шпинделя до направ- ляющих станины	250-845		260-820		250-900
от торца вертикального шпинделя до по- верхности – стола	160-510		35-535		70-570
Наибольшее перемещение гильзы верти- кального шпинделя	80	—	80	—	80
Наибольший угол поворота стола, град	-	-	-	±45	-
Угол поворота вертикальной фрезерной головки, град, в плоскости, параллельной:					
продольному ходу стола	360	—	360	—	360
поперечному ходу стола	90	—	90	—	90
от станины	45	—	45	—	45
к станине					
Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945-82	45	50	50	50	50
Число скоростей шпинделя					
Горизонтального	16	18	18	18	18
Вертикального	12	—	11	—	11
Частота вращения шпинделя, об/мин:					
горизонтального	50-1600	31,5-1600	31,5-1600	31,5-1600	31,5-1600
вертикального	45-2000	—	50-1600	—	50-1600
Число рабочих подач стола	16	18	18	18	18
Подача стола, мм/мин:					
продольная	35-1020	25-1250	25-1250	25-1250	25-1250
поперечная	28-790	25-1250	25-1250	25-1250	25-1250
вертикальная	14-390	8,3-416,6	8,3-416,6	8,3-416,6	8,3-416,6
Скорость быстрого перемещения стола, мм/мин:					
продольного	2900	3000	3000	3000	3000
поперечного	2300	3000	3000	3000	3000
вертикального	1150	1000	1000	1000	1000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	5,5	7,5	7,5	11	11

Таблица Г.10 – Шлицефрезерный станок 5350А

Размеры в миллиметрах

Параметры	
Наибольший обрабатываемый диаметр	150
Расстояние между центрами	1000
Наибольший нарезаемый модуль	6
Наибольший диаметр фрезы	150
Наибольшая длина фрезерования	675
Число нарезаемых шлицев	4 - 36
Частота вращения шпинделя фрезы, мин <sup>-1</sup>	80 - 250
Количество ступеней частоты вращения шпинделя фрезы	6
Подача обрабатываемой детали, мм/об	0,63 - 5
Число ступеней подач	10
Диаметр оправки фрезы	27; 32; 40
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	7,5

Таблица Г.11 - Шпоночнофрезерные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	Размеры в миллиметрах	
	6Д91	6Д92
1	2	3
Ширина фрезеруемого паза	3 - 20	6 - 32
Диаметр обрабатываемого вала, устанавливаемого в приспособлении	8 - 80	До 120
Наибольшая длина фрезеруемого паза	300	600
Расстояние от оси шпинделя до стола	75 - 175	50 - 150
Расстояние от торца шпинделя до середины стола	120 - 174	90 - 190
Размер рабочей поверхности стола	200x800	250x1000

Продолжение таблицы Г.11

Размеры в миллиметрах

1	2	3
Конус шпинделя	40 ГОСТ 15945 - 82	Морзе № 4
Частота вращения шпинделя» мин об/мин	500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000	250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 3150
Количество рабочих продоль- ных подач фрезерной головки	Бесступенчатое регулирование	18
Продольная подача фрезерной головки, мм/мин	20 - 1200	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400
Количество поперечных подач фрезерной головки	Бесступенчатое регулирование	18
Поперечная подача фрезерной головки, мм/мин	15 - 300	4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 169; 200

Таблица Г.12 – Фрезерно-центровальные станки

Размеры в миллиметрах

Параметры	MP-71M	MP-73M	MP-76M	MP-77	MP-78
1	2	3	4	5	6
Диаметр обрабаты- ваемой заготовки	25 - 125	25 - 125	25 - 80	20 - 60	20 - 60
Длина обрабатывае- мой заготовки	200 - 500	500 - 1250	500 - 1000	100 - 200	200 - 825
Число скоростей шпинделя фрезы	6	6	7	7	7
Частота вращения шпинделя фрезы, об/мин	125; 179; 497; 712	249; 358	270; 354; 1254	456; 582	745; 958
Наибольший ход го- ловки фрезы	220	220	230	160	160

Продолжение таблицы Г.12

Размеры в миллиметрах

1	2	3	4	5	6
Рабочая подача фрезы (Б/с), мм/мин	20 - 400	20 - 400	20 - 400	20 - 400	20 - 400
Число скоростей сверлильного шпинделя	6	6	6	6	6
Частота вращения сверлильного шпинделя, об/мин	238; 330		465; 580	815; 1125	-
Конус фрезерного шпинделя ГОСТ 15945 – 82	50	50	50	50	50
Ход сверлильной головки	75	75	75	60	80
Рабочая подача сверлильной головки (Б/с), мм/мин	20 - 300	20 - 300	20 - 300	20 - 300	20 – 300
Мощность электродвигателей, кВт	13	13	6,6	5,1	5,1

Таблица Г.13 – Стандартные частоты вращения и подачи

$\varphi$ - знаменатель геометрической прогрессии					
1,12	1,25	1,41	1,58	1,76	2
10	10		10		10
11,5		11,5			
12,5	12,5				
14					
16	16	16	16		16
18					
20	20				
22,4		22,4			
25	25		25		
28					
31,5	31,5				
35,5				31,5	31,5
40	40		40		
45					
50	50			56	
56					
63	63	63	63		63
71					
80	80				
90		90			

Таблица Г.14 - Сверлильно-фрезерно-расточные станки с ЧПУ  
вертикальной компоновки

Параметр	400V	500V (500V2)	500V/5	500VB
Число управляемых координат	3	3	5	5
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	400x900	630x1200 (x2)	320 (500)	200
Диаметр центрального отверстия стола, мм	-	-	60H7	50H7
Ширина направляющего паза, мм	18H7	18H7	14H7	12H7
Количество Т-образных пазов	3	5	8	8
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	560	590	465 (440)	450
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	400	500	500	300
Конус шпинделя (DIN 69871)	SK40	SK40	SK40	SK 40 (HSK 63)
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	0-8000	0-8000	0-8000	0-12000
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Н·м	44,6	44,6 (70)	44,6	76
Наибольшие перемещения по осям, мм:				
- по оси X	540	1000	580	900
- по оси Y	400	500	500	500
- по оси Z	450	450	450	450
- по оси W	-	-	-	-
- поворот A, град	-	-	130	360
- поворот B, град	-	-	-	±30
- поворот C, град	-	-	360	-
Точность позиционирования	0,005	0,01	0,01	0,01
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-15000	1-15000	1-15000	1-15000
Скорость быстрого перемещения по всем осям, м/мин	15-30	15-30	15-30	15-30
Наибольшая частота вращения стола, об/мин	-	-	-	5
Номинальный крутящий момент поворота стола, Н·м	-	-	-	-
Емкость инструментального магазина, шт.	20	20	20	16
Время смены инструмента, с	8,5	7,5 (3,5)	2,5	7
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм	125 (80)	125 (80)	180 (97)	125 (80)
Наибольшая длина инструмента, мм	250	250	250	250
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	10	10	6,5	10
Мощность двигателя главного привода, кВт	7	7 (11)	7	22,5

Продолжение таблицы Г.14

Параметр	500VS	600V	800V	800VF6	1000VBF
Число управляемых координат	5	3	3	6	5
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	500	600x1250	800x1600	800x1600	1500x500
Диаметр центрального отверстия стола, мм	60H7	-	-	-	-
Ширина направляющего паза, мм	18H11	18H7	18H7	18H7	18H7
Количество Т-образных пазов	8	5	5	5	5
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	-	730	1130	1125/1330	1000
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	-	600	800	800	500
Конус шпинделя (DIN 69871)	SK 40 (HSK 63)	SK 40	SK 40	SK 40	SK 40 (HSK 63)
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	0-12000	0-8000	0-8000	0-8000	0-12000
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Н•м	76 (87)	70	95,5	117,8	85
Наибольшие перемещения по осям, мм:					
- по оси X	750	1000	1400	1400	1000
- по оси Y	500	570	800	750	300
- по оси Z	750	600	1000	800	400
- по оси W	-	-	-	250	-
- поворот A, град	130	-	-	-	-
- поворот B, град	-	-	-	±90	±45
- поворот C, град	360	-	-	-	-
Точность позиционирования	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-15000	1-15000	1-15000	1-15000	1-15000
Скорость быстрого перемещения по всем осям, м/мин	40-50	15-25	15-25	10-15	15-30
Наибольшая частота вращения стола, об/мин	360	-	-	-	15 (головки)
Номинальный крутящий момент поворота стола, Н•м	500	-	-	-	2940
Емкость инструментального магазина, шт.	24	20	20	40	20
Время смены инструмента, с	7	7	7	24	16
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм		125 (80)	125 (80)	125 (80)	60
Наибольшая длина инструмента, мм	250	250	250	250	250
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	8	10	10	10	10
Мощность двигателя главного привода, кВт	19 (22,5)	11	15	18,5	22,5

Таблица Г.15 - Сверлильно-фрезерно-расточные станки с ЧПУ горизонтальной компоновки

Параметр	500HS	630H	630VH
Число управляемых координат	4 (5)	4	5
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	630x630 (500)	630x630	630x 630
Диаметр центрального отверстия стола, мм	25H7	25H7	25H7
Ширина направляющего паза, мм	18H11	-	-
Диаметр крепежных отверстий	M16-7H	M16-7H	M16-7H
Количество крепежных отверстий	45	-	-
Расстояние между отверстиями, мм	100±0,01	-	-
Количество Т-образных пазов	8	-	-
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг		1000	1000
Конус шпинделя DIN 69871/ISO	SK 40 (HSK 63)	SK 40	HSK 63
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	0-12000	0-8000	0-12000
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Н•м	87 (76)	70	87
Наибольшие перемещения по осям, мм:			
- по оси X	750	900	1000
- по оси Y	750	600	1070
- по оси Z	500	700	770
- поворот A	-	-	90
- поворот C	360	360	360
Точность позиционирования	0,01	0,01	0,01
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-15000	1-15000	1-15000
Скорость быстрого перемещения по всем осям, м/мин	40-50	15-25	15-25
Наибольшая частота вращения стола, об/мин	360	-	-
Номинальный крутящий момент поворота стола, Н•м	500	-	-
Емкость инструментального магазина, шт.	20 (40)	40	40
Время смены инструмента, с	4	16	2,2
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм	-	125 (78)	-
Наибольшая длина инструмента, мм	250	250	-
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	8	10	8
Мощность двигателя главного привода, кВт	19 (22,5)	11	19

Продолжение таблицы Г.15

Параметр	ИР320ПМФ4	ИР500ПМФ4	ИР800ПМФ4	МС12-250
Число управляемых координат	4	4	4	4
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	320x320	500x500	800x800	250
Диаметр центрального отверстия стола, мм	-	-	-	20H7
Ширина направляющего паза, мм	-	-	-	14H7
Диаметр крепежных отверстий	M18 –7H	M20 –7H	M24 –7H	-
Количество крепежных отверстий	20	25	45	-
Расстояние между отверстиями, мм	90±0,01	100±0,01	125±0,01	-
Количество Т-образных пазов	-	-	-	8
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	150	700	1500	-
Конус шпинделя DIN 69871/ISO	40	50	50	30
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	13-5000	21-3000	21-3000	45-2000
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Н•м	-	-	-	-
Наибольшие перемещения по осям, мм:				
- по оси X	360	800	800	250
- по оси Y	400	630	710	250
- по оси Z	400	500	1000	200
- поворот A	360	-	-	-
- поворот C	-	360	360	360
Точность позиционирования	-	-	-	0,01
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-3200	1-2000	1-2000	1-2000
Скорость быстрого перемещения по всем осям, м/мин	10	8-10	10	4,8
Наибольшая частота вращения стола, об/мин	200	-	-	-
Номинальный крутящий момент поворота стола, Н•м	-	-	-	-
Емкость инструментального магазина, шт.	36	30	30	20
Время смены инструмента, с	14	16	21	5
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм	125 (200)	125 (160)	110 (125)	57
Наибольшая длина инструмента, мм	-	-	-	-
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	-	-	-	2,5
Мощность двигателя главного привода, кВт	7,5	14	14	2,2



Таблица Г.16 - Сверлильно-фрезерно-расточные токарные станки с ЧПУ

Параметр	600VT	630VHT	800VT	800VHT	2000VHT
Число координат	3	5	3	5	5
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	630	800	900	800	1600
Диаметр центрального отверстия стола, мм	100H6	100H6	100H6	100H6	-
Ширина паза, мм	18H11	18H11	18H11	18H11	-
Количество пазов	8	-	8	-	12
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	-	620	-	620	1050
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	500	-	500	-	2000
Конус шпинделя (DIN 69871)	HSK 63A	HSK 63	HSK 63A	HSK 63	HSK 63
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	0-12 000	0-12 000	0-12 000	0-12 000	0-12000
Номинальный крутящий момент на шпинделе, Н•м	87	87	87	87	120
Наибольшие перемещения по осям, мм:					
- по оси X	500	900	630	1000	1050
- по оси Y	-	760	-	700	1400
- по оси Z	600	760	600	1000	1100
- поворот A	-	+60 -105	-	+60 -105	+70 -105
- поворот B	-	360	-	360	-
- поворот C	-	-	-	-	360
Точность позиционирования	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-15000	1-15000	1-15000	1-15000	1-15 000
Скорость быстрого перемещения по всем осям, м/мин	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Наибольшая частота вращения стола, об/мин	400	400	400	90	90
Номинальный крутящий момент поворота стола, Н•м	500	500	500	1005	1400
Емкость инструментального магазина, шт.	20	10	20	40	40
Время смены инструмента, с	7	7	7	2,2	7
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм	125 (80)	125 (80)	125 (80)	125 (80)	-
Наибольшая длина инструмента, мм	250	250	250	250	250
Наибольшая масса оправки, кг	10	10	10	8	8
Мощность двигателя главного привода, кВт	11	19	15	19	35

Таблица Г.17- Токарные станки с ЧПУ

Параметр	16Б16Т1	16К20Ф3	160НТ
Наибольший диаметр обработки, мм	320	400	200
Наибольшая длина обработки, мм	750	1000	120
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	-	-	-
Наибольший диаметр прутка, мм	36	53	50
Наибольшее продольное перемещение (Z), мм	700	900	250
Наибольшее поперечное перемещение (X), мм	210	250	200
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	40-2000	12,5-2000	5-4000 5-6000
Наибольший крутящий момент, Н•м	-	-	200 114
Дискретность перемещений по осям, мм	0,005-0,01	0,005-0,01	0,001
Диапазон рабочих подач, мм/мин	2-1200	3-1200	1-15000
Точность позиционирования по осям, мм	-	-	0,01
Скорость быстрых перемещений, м/мин	6	4,8	-
Максимальное перемещение задней бабки, мм	-	-	-
Количество позиций револьверной головки, шт.	6	6	8
Время смены инструмента, с	-	-	0,5
Мощность привода главного движения, кВт	4,2 / 7,1	10	12 / 18,5

Продолжение таблицы Г.17

Параметр	200НТ/600	450VT	500VT
Наибольший диаметр обработки, мм	500	160	300
Наибольшая длина обработки, мм	500	120	120
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	-	10	35
Наибольший диаметр прутка, мм	-	-	-
Наибольшее продольное перемещение (Z), мм	520	400	400
Наибольшее поперечное перемещение (X), мм	250	720	900 1920
Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин	5-4000	0-4000	0...4000 0...490
Наибольший крутящий момент, Н•м	200	200	200 390
Дискретность перемещений по осям, мм	0,001	0,001	0,001
Диапазон рабочих подач, мм/мин	0,01-9000	1-15000	1-5000
Точность позиционирования по осям, мм	0,01	0,01	0,01
Скорость быстрых перемещений, м/мин	20	15	15
Максимальное перемещение задней бабки, мм	-	-	-
Количество позиций револьверной головки, шт.	8	8	8
Время смены инструмента, с	0,5	0,5-2	0,5
Мощность привода главного движения, кВт	12	12 / 18,5	12 / 18,5 16

Таблица Г.18 – Сверлильно-фрезерно-расточные станки с ЧПУ зарубежных фирм вертикальной компоновки

Параметр	OKUMA		MAZAK		
	MA-550VA	MB-46V	FJV-200	FJV-250	MOLD MAKER 2000
Число управляемых координат	3	3	3	3	3
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	1300x560	760x460	800x460	1200x550	800x460
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	760	610			
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	1000	500			
Конус шпинделя (DIN 69871)	ISO 40 (HSK-63)	ISO 40	CAT 40	HSK 63	CAT 40
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	50-6000	50-8000	до 12000	до 12000	до 12000
Наибольшие перемещения по осям, мм					
-по оси X	560	560	650	1020	560
-по оси Y	610	460	410	510	410
-по оси Z	625	460	410	460	410
-наклон стола A, град					
-поворот стола C, град					
Точность позиционирования, мм	-	-			
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-30000	1-32000			
Скорость быстрого перемещения, м/мин	30	40			50
Емкость инструментального магазина, шт.	32	20	30	30	30
Время смены инструмента, с	-	-			0,8
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм	300 (230)	125(90)			
Наибольшая длина инструмента, мм	400	300			
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	20	8			
Мощность двигателя главного привода, кВт	22	11	22	30	22

Продолжение таблицы Г.18

Параметр	Kitamura		Hardinge	
	BRIDGEcenter -8F	Mytrunnion	VMC 480P3	VMC 800P3
Число управляемых координат	3	5	3	3
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	900 x 2500	630	600x400	925x510
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм				
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	3000	400	300	700
Конус шпинделя (DIN 69871)	HSK 63	HSK 63		
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	до 10000	до 20000	10000	15000
Наибольшие перемещения по осям: , мм				
-по оси X	1032	815	480	800
-по оси Y	1085	780	400	510
-по оси Z	710	500	430	510
-наклон стола A, град		-30 +120		
-поворот стола C, град		360		
Точность позиционирования, мм	0,003	0,001	0,005	0,005
Диапазон рабочих подач, мм/мин				
Скорость быстрого перемещения, м/мин				
Емкость инструментального магазина, шт.	60	50	20, 40	20, 40
Время смены инструмента, с				
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм				
Наибольшая длина инструмента, мм				
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг				
Мощность двигателя главного привода, кВт	22	13	7,5	13

Таблица Г.19 – Сверлильно-фрезерно-расточные станки с ЧПУ зарубежных фирм горизонтальной компоновки

Параметр	OKUMA	MAZAK		
	MA-400-VA	PFH-4800	FH-6000	500-5X
Число координат	4	4	4	5
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	400x400	400x400	500x500	500
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	400			
Конус шпинделя (DIN 69871)	ISO 40	CAT 40	CAT 50	CAT 40
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	50-8000	до 15000	до 10000	до 12000
Наибольшие перемещения по осям: , мм				
-по оси X	560	560	800	510
-по оси Y	610	630	800	510
-по оси Z	625	600	880	460
-наклон стола A, град				-120 +30
-поворот стола C, град	360			360
Точность позиционирования, мм	-			
Диапазон рабочих подач, мм/мин	1-60000			
Скорость быстрого перемещения по всем осям, м/мин	60			50
Емкость инструментального магазина (max), шт.	30 (198)	40 (160)		30
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине (без пропуска гнезд), мм	150 (100)			
Наибольшая длина инструмента, мм	300			
Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	10			
Мощность двигателя главного привода, кВт	15	30	30	22

Продолжение таблицы Г.19

Параметр	Kitamura		Hardinge	
	Mycenter HX400iF	Mycenter HX630ia	HSC 500	HMC 700e
Число координат	4	4	4	4
Размеры стола (диаметр планшайбы), мм	400x400	630x630	600x500	500x500
Наибольшая масса обраба- тываемой заготовки, кг	400	1200	272	500
Конус шпинделя (DIN 69871)	CAT 40	HSK-63		
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	до 12000	до 12000	40000	15000
Наибольшие перемещения по осям:, мм				
-по оси X	660	870	500	710
-по оси Y	610	710	400	610
-по оси Z	560	660	400	610
-наклон стола A, град				
-поворот стола C, град	360	360	360	360
Точность позиционирова- ния, мм	0,003	0,003	0,005	0,015
Диапазон рабочих подач, мм/мин				
Скорость быстрого пере- мещения по всем осям, м/мин				
Емкость инструментально- го магазина (max), шт.	40, 50, 100, 150	40, 50, 100, 150	20, 40	20, 40
Наибольший диаметр ин- струмента, устанавливае- мого в магазине (без про- пуска гнезд), мм				
Наибольшая длина инст- румента, мм				
Наибольшая масса оправ- ки, устанавливаемой в ма- газине, кг				
Мощность двигателя глав- ного привода, кВт	18,5	26	9	18,5

Таблица Г.20 – Токарные многофункциональные станки с ЧПУ

Параметр	OKUMA MULTUS B300	MAZAK		HARDINGE
		INTEG- REX 100-  SY	SUPER QUICK TURN 200MSY	QUEST 8/51(SP)
Максимальный диаметр заготовки, мм	600	470	300	520
Максимальный диаметр прутка, мм	62		51	51
Перемещения по координатным осям, мм:				
X	+560 -20			190
Z	945			610
Y	+80 -80	120	100	+50 -35
W	1000			600
Поворот шпинделя, град	360		360	360
Поворот инструментального шпинделя, град	-30 +195			-
Шпиндель:				
Максимальная частота вращения, об/мин	5000	6000	5000	4200
Мощность привода, кВт	15	7,5	18,5	15
Крутящий момент, Н•м				272
Противошпиндель:				
Максимальная частота вращения, об/мин	5000			6000
Мощность привода, кВт	15	7,5	18,5	7,5
Револьверная головка:				
Число револьверных головок/число инструментов в каждой головке, шт/шт	-	-	1/12	1/12
Частота вращения приводного инструмента, об/мин			4500	8000
Мощность приводного инструмента, кВт				3,7
Крутящий момент приводного инструмента, Н•м				35,3
Инструментальный шпиндель:				
Частота вращения, об/мин	6000	10000	-	-
Мощность привода, кВт	11	5,5	3,7	
Крутящий момент, Н•м	65,7		-	-
Число инструментов в магазине, шт.	20 (40, 60)			-



Продолжение таблицы Г.20

Параметр	HARDINGE		NAKAMURA-TOME		
	TAILENT 8/66L	ELITE II 8/51	STS - 40	SUPER- NTM <sup>3</sup>	WTW-150
Максимальный диаметр заготовки, мм	356	340	400	190	310
Максимальный диаметр прутка, мм	66	51	20	51	32
Перемещения по координатным осям, мм:					
X	271,5	210			
Z	600	335			
Y			200		
W		390			
Поворот шпинделя, град	360	360	360	360	360
Поворот инструментального шпинделя, град			±100		
Шпиндель:					
Максимальная частота вращения, об/мин	4200	5000	3500	5000	5000
Мощность привода, кВт	18,5	11	22	15	15
Крутящий момент, Н•м	335,7	95			
Противошпиндель:					
Максимальная частота вращения, об/мин		6000	3500	5000	5000
Мощность привода, кВт		3,7	15	11	15
Револьверная головка:					
Число револьверных головок/число инструментов в каждой головке, шт/шт	1/12	1/12	2/12	3/12	4/12
Частота вращения приводного инструмента, об/мин	5000	5000	3700	6000	6000
Мощность приводного инструмента, кВт	3,7	3,7	5,5	5,5	3,7
Крутящий момент приводного инструмента, Н•м	28	24			
Инструментальный шпиндель:					
Частота вращения, об/мин			6000		
Мощность привода, кВт			15		
Крутящий момент, Н•м					
Число инструментов в магазине, шт.			40 (80, 120)		

## Приложение Д (рекомендуемое)

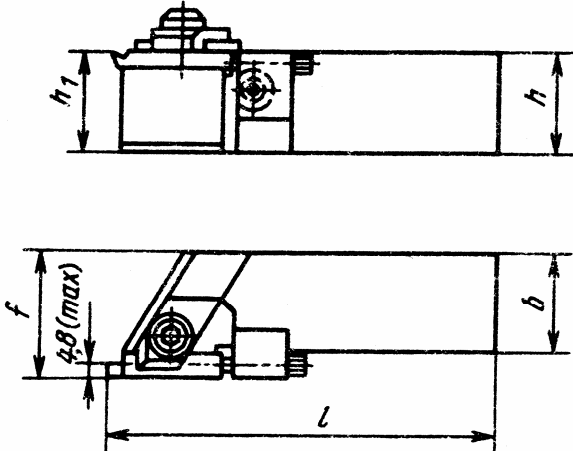
### Режущий инструмент

Таблица Д.1 – Резцы токарные для контурного точения с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин ГОСТ 20872-80

Обозначение резца	Сечение резца, $h \times b$ , мм	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм	$b$ , мм $l$	$L$ , мм
2103-0671	16×16	16	19	20	125
2103-0673	16×16	16	19	20	125
2103-0675	16×16	16	19	20	125
2103-0677	16×16	16	19	20	125
2103-0681	16×16	16	19	20	125
2103-0695	20×20	20	24	25	150
2103-0697	20×20	20	24	25	150
2103-0701	20×20	20	24	25	150
2103-0711	25×25	25	29	32	150
2103-0713	25-х25	25	25	32	150
2103-0715	25×25	25	25	25	150
2103-0717	32×25	32	36	25	170
2103-0721	32×25	32	36	25	170
2103-0723	32×25	32	36	25	170
2103-0725	32×32	32	36	40	170
2103-0727	32×32	32	36	40	170
2103-0731	40×32	40	44	40	200
2103-0733	40×32	40	44	40	200

Пример обозначения резца сечением сечением  $h \times b$  20×20 мм длиной 150 мм: *Резец 2103-07011 Т15К6 ГОСТ 20872-80*

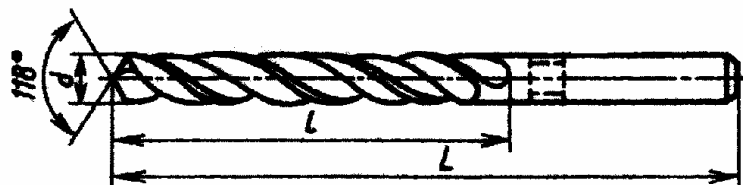
Таблица Д.2 – Резцы токарные для обработки наружных канавок  
ОСТ 2И10-7-84



Обозначение резца		Сечение резца h×b, мм	h <sub>1</sub> , мм	f, мм	l, мм
правого	левого				
035-2126-1175	035-2126-1176	16×16	16	20	100
035-2126-1177	035-2126-1178	16×16	16	20	70
035-2126-1179	035-2126-1180	20×20	20	25	125
035-2126-1181	035-2126-1182	20×20	20	25	80
035-2126-1183	035-2126-1184	25×25	25	32	150
035-2126-1186	035-2126-1186	25×25	25	32	100
035-2126-1187	035-2126-1188	32×32	32	40	170
035-2126-1189	035-2126-1190	32×32	32	40	125
035-2126-1191	035-2126-1192	40×40	40	60	200
035-2126-1193	035-2126-1194	40×40	40	60	150

Пример обозначения резца правого с сечением державки 25×25, длиной 150 мм: Резец 035-2126-1183 T15K6 ОСТ 2И10-7-84

Таблица Д.3 – Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 10902-77

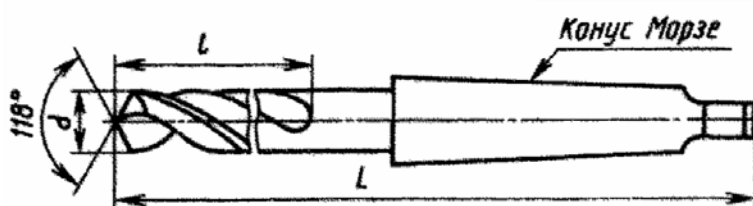


Обозначение сверл	$D$ , мм	$L$ , мм	$l$ , мм	Обозначение сверл	$d$ , мм	$L$ , мм	$l$ , мм
23-7515	3,0	61	33	2300-6187	5,6	93	57
23-7517	3,1	65	36	2300-6191	5,7	93	57
23-7523	3,2	65	36	2300-6193	5,8	93	57
23-7525	3,3	65	36	2300-6195	5,9	93	57
23-7531	3,4	7	39	2300-0181	6,0	93	57
23-7533	3,5	7	39	2300-0183	6,2	101	63
23-7535	3,6	7	39	2300-0307	6,4	101	63
23-7537	3,7	7	39	2300-0308	6,6	101	63
23-7541	3,8	75	43	2300-0186	6,7	101	63
23-7543	3,9	75	43	2300-0309	6,8	109	69
23-7551	4,0	75	43	2300-0187	7,0	109	69
23-7545	4,1	75	43	2300-0189	7,2	109	69
23-7547	4,2	75	43	2300-0191	7,5	109	69
23-7555	4,3	8	47	2300-0194	7,8	117	75
23-7557	4,4	8	47	2300-0195	8,0	117	75
23-7561	4,5	8	47	2300-0198	8,3	117	75
23-7563	4,6	8	47	2300-0200	8,5	117	75
23-7565	4,7	8	47	2300-0312	8,6	125	81
23-7567	4,8	86	52	2300-0201	8,7	125	81
23-7571	4,9	86	52	2300-0313	8,8	125	81
2300-6173	5,0	86	52	2300-0203	9,0	125	81
2300-6175	5,1	86	52	2300-0204	9,2	125	81
2300-6177	5,2	86	52	2300-0205	9,5	125	81
2300-6181	5,3	86	52	2300-0207	9,7	133	87
2300-6183	5,4	93	57	2300-0317	9,8	133	87
2300-6185	5,5	93	57	2300-0208	10,0	133	87

Пример условного обозначения сверла  $d=10$  мм: *Сверло 2300-0208 Р6М5 ГОСТ 10902-77*

Таблица Д.4 – Сверла спиральные с коническим хвостовиком ГОСТ 2092-77

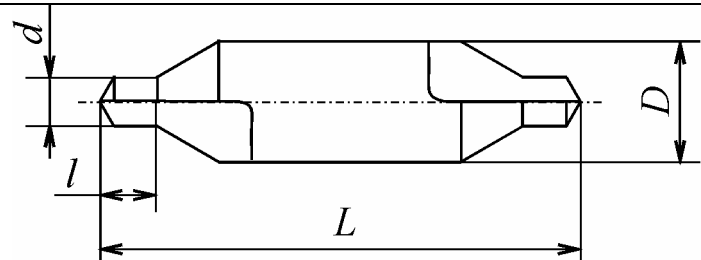
Размеры в миллиметрах



Обозначение сверла	$d$	$L$	$l$	Конус Морзе	Обозначение сверл	$d$	$L$	$l$	Конус Морзе
2301-0371	6,0	225	145	1	2301-0410	12,5	260	180	1
2301-0373	6,2	230	150	1	2301-0502	12,8	260	180	1
2301-0477	6,4	230	150	1	2301-0412	13,0	260	180	1
2301-0375	6,5	230	150	1	2301-0414	13,5	265	185	1
2301-0376	6,7	230	150	1	2301-0505	13,8	265	185	1
2301-0479	6,8	235	155	1	2301-0416	14,0	265	185	1
2301-0377	7,0	235	155	1	2301-0418	14,5	290	190	2
2301-0379	7,2	235	155	1	2301-0506	14,7	290	190	2
2301-0381	7,5	235	155	1	2301-0420	15,0	290	190	2
2301-0384	7,8	240	160	1	2301-0423	15,5	295	195	2
2301-0385	8,0	240	160	1	2301-0424	16,0	295	195	2
2301-0388	8,3	240	160	1	2301-0426	16,5	300	200	2
2301-0390	8,5	240	160	1	2301-0427	17,0	300	200	2
2301-0391	8,7	245	165	1	2301-0431	18,0	305	205	2
2301-0483	8,8	245	165	1	2301-0433	18,5	310	210	2
2301-0393	9,0	245	165	1	2301-0435	19,0	310	210	1
2301-0484	9,2	245	165	1	2301-0438	19,5	320	220	2
2301-0395	9,5	245	165	1	2301-0439	20,0	320	220	2
2301-0487	9,8	250	170	1	2301-0443	21,0	330	230	2
2301-0398	10,0	250	170	1	2301-0446	22,0	335	235	2
2301-0400	10,2	250	170	1	2301-0449	23,0	340	240	2
2301-0402	10,5	250	170	1	2301-0453	24,0	365	245	3
2301-0491	10,8	255	175	1	2301-0457	25,0	365	245	3
2301-0404	11,0	255	175	1	2301-0459	26,0	375	255	3
2301-0406	11,5	255	175	1	2301-0464	27,0	385	265	3
2301-0496	11,8	255	175	1	2301-0468	28,0	385	265	3
2301-0409	12,0	260	180	1	2301-0470	29,0	395	275	3
					2301-0476	30,0	395	275	3

Пример условного обозначения сверла диаметром  $d = 15$  мм: *Сверло 2301-0420 Р6М5 ГОСТ 2092-77*

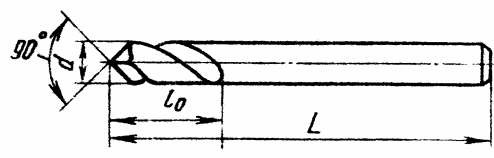
Таблица Д.5 – Сверла центровочные ГОСТ 14952 – 75



Обозначение	$d$ , мм	$D$ , мм	$L$ , мм	$l$ , мм
2317-0001	1,00	3,15	33,5	1,9
2317-0002	1,25			2,2
2317-0003	1,60	4,00	37,7	2,8
2317-0004	2,00	5,00	42,0	3,3
2317-0005	2,50	6,30	47,0	4,1
2317-0006	3,15	8,00	52,0	4,9
2317-0007	4,00	10,00	59,0	5,2
2317-0008	5,00	12,50	66,0	7,5
2317-0009	6,30	16,00	74,0	9,2
2317-0010	8,00	20,00	83,0	11,5
2317-0011	10,00	25,00	103,0	14,2

Пример обозначения центровочного сверла диаметром  $d = 2$  мм:  
*Сверло 2317-0004 P6M5 ГОСТ 14952 – 75*

Таблица Д.6 - Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для зацентровки под сверление ОСТ 2 И20-5-80



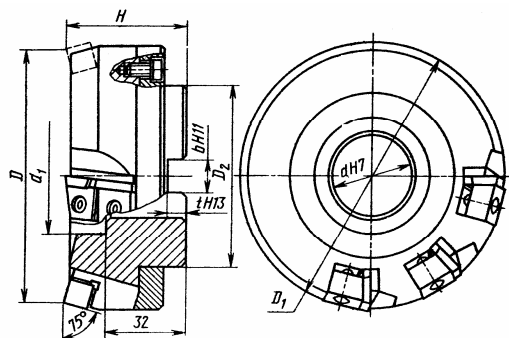
Сверло	$d(h8, мм)$	$L$ , мм	$l_0$ , мм
035-2317-0101	5,0	55	15
-0102	10,0	75	30
-0103	16,0	100	48
-0104	20,0	120	60

Пример обозначения спирального сверла для зацентровки под сверление диаметром  $d = 10$  мм: *Сверло 035-2317-0102 P6M5 ОСТ 2 И20-5-80*

Таблица Д.7 – Фрезы торцовые с четырехгранными пластинами

ТУ 2-035-874—82

Размеры в миллиметрах

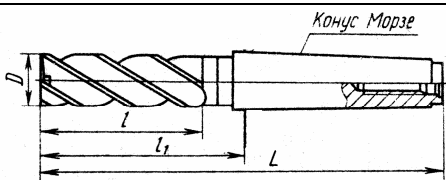


Фреза	$D$	$d$	$D_1$	$D_2$	$d_1$	$b$	$t$	$e$	Число зубьев $z$
04.2.059.000-00	100	32	104	60	45	14,4	8	50	6
04.2.059.000-01	125	40	128	72	56	16,4	9		8
04.2.059.000-02	160		161	90				63	10
04.2.059.000-03	200	50	200	120	90	18,4	10		12

Пример обозначения фрезы диаметром 125 мм: Фреза 04.2.059.000-01  
T15K6 ТУ 2-035-874—82

Таблица Д.8 Фрезы концевые с коническим хвостовиком быстрорежущие ОСТ 2И62-2—75

Размеры в миллиметрах

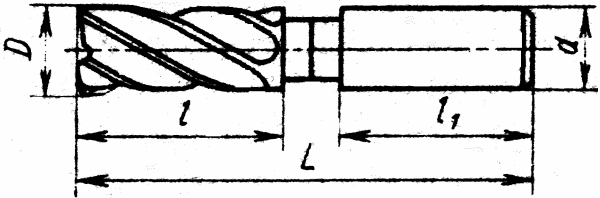


Фреза	$D$	$L$	$l$	$l_1$	Число зубьев $z$	Конус Морзе
035-2223-0101	14	115	22	51	4	2
035-2223-0102	16	120	36	56		
035-2223-0103	19	120	36	56		
035-2223-0104	20	145	44	64	6	3
035-2223-0105	25	150	50	69		
035-2223-0106	32	180	65	99		
035-2223-0107	40	190	65	109		

Пример обозначения фрезы диаметром 14 мм: Фреза 035-2223-0101  
P6M5 ОСТ 2И62-2—75

Таблица Д.9 - Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком быстрорежущие ОСТ 2И62-2—75

Размеры в миллиметрах

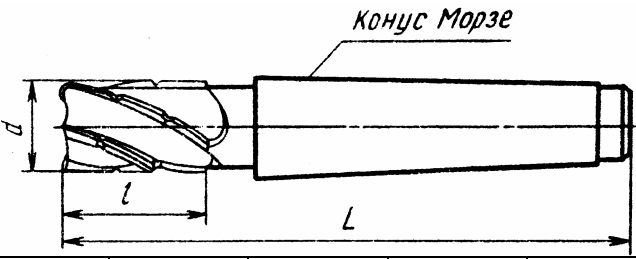


Фреза	$D$	$d$	$D$	$l$	$l_1$	Число зубьев $z$
035-2220-0101	10	10	60	20	30	4
035-2220-0102	12	12	70	25		
035-2220-0103	14	14	80	32	40	
035-2220-0104	16	16	90	40		6
035-2220-0105	18	18		45		
035-2220-0106	20	20	100	45	95	
035-2220-0107	20	20	120	50		
035-2220-0108	25	25	175	55		
035-2220-0109	32	32		65		

Пример обозначения фрезы диаметром 16 мм: Фреза 035-2220-0104 Р6М5 ОСТ 2И62-2—75

Таблица Д.10 - Фрезы концевые с коническим хвостовиком, оснащенные пластинками твердого сплава ТУ 2-035-812-81

Размеры в миллиметрах



Фреза	$d$	$L$	$l$	Конус Морзе	Число зубьев $z$
035-2223-1141	20	158	33	3	4
035-2223-1142	25	189	50	4	
035-2223-1143	32		221	58	5
035-2223-1145	60	216	54		

Пример обозначения фрезы диаметром 32: Фреза 035-2223-1143 Т15К6 ТУ 2-035-812-81



Таблица Д.11 - Шпоночные фрезы ГОСТ  
9140-78

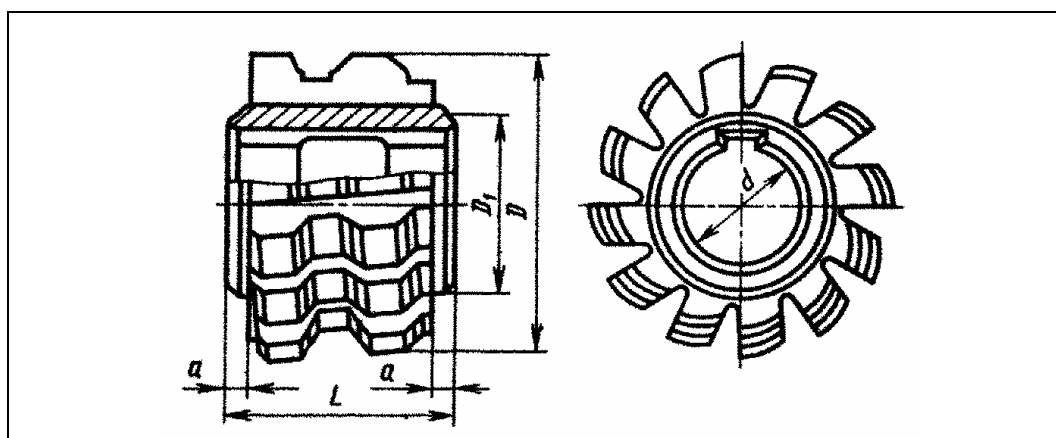


Обозначение	$D_{e8}$ , мм	L, мм	l, мм
2234-0001	2	36	4
2234-0003	3	37	5
2234-0005	4	39	7
2234-0007	5	42	8
2234-0009	6	52	8
2234-0025	7	54	10
2234-0011	8	55	11
2234-0013	10	63	13
2234-0015	12	73	16
2234-0017	14	73	16
2234-0019	16	79	19
2234-0021	18	79	19
2234-0023	20	88	22

Пример обозначения шпоночной фрезы диаметром 4 мм: *Фреза 2234-Р6М5 ГОСТ 9140-78*

Таблица Д.12 - Червячные чистовые фрезы для шлицевых валов с прямобочным профилем ГОСТ 8027—86

Размеры в миллиметрах



Номинальные размеры валов	$D$	$L$	$a$	$d$	$D_1$ не менее	Число зубьев фрезы
6×16×20	63	50	4	22	34	10
6×18×22	63	50	4	22	34	10
6×21×25	70	56	4	27	40	10
6×23×28	70	56	4	27	40	10
6×26×32	80	63	5	27	40	10
6×28×34	80	63	5	27	40	10
8×32×36	80	63	5	27	40	10
8×36×42	90	70	5	32	50	10
8×42×48	90	70	5	32	50	10
8×46×54	100	80	5	32	50	12
8×52×60	100	80	5	32	50	12
8×56×65	100	80	5	32	50	12
8×62×72	112	90	5	40	60	12
10×72×80	112	90	5	40	60	12
10×82×92	125	100	5	40	60	12
10×92×102	125	100	5	40	60	12
10×102×112	140	112	5	40	60	12
10×112×125	140	112	5	40	60	12

Пример условного обозначения фрезы для вала с центрированием по наружному диаметру, с номинальными размерами вала  $z \times d \times D = 6 \times 16 \times 20$  мм: Фреза  $D6 \times 16 \times 20$  P6M5 ГОСТ 8027-86

Таблица Д.13 - Червячные модульные фрезы ГОСТ 9324-80

Размеры в миллиметрах

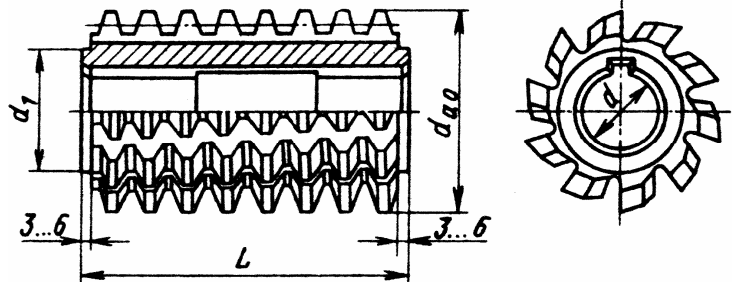
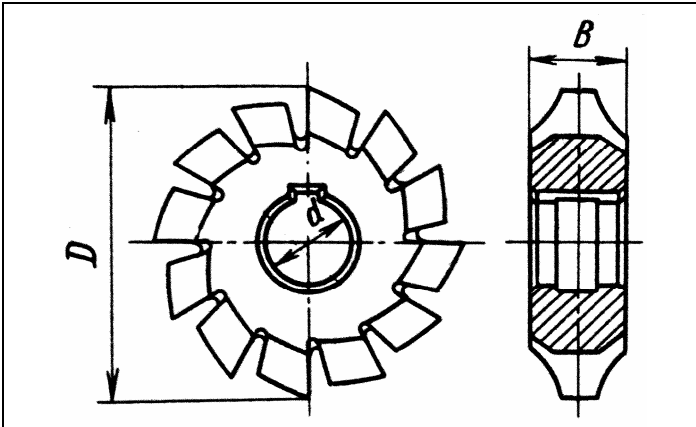
						
Обозначение	Модуль $m_0$	$d_{a0}$	$d$	$d_1$	$L$	Число стру- жечных кана- вок $Z_0$
2510-4112	1	40	16	25	32/50	12
2510-4125	1,25	50	22	33	32/63	
2510-4134	1,5	63	27	40	50/80	
2510-4143	2				50/90	
2510-4149	2,25	71	32		56/90	
2510-4152	2,5				63/100	
2510-4161	3	80	32	50	71/112	10
2510-4169	3,5				71/125	
2510-4178	4	90	32		80/140	
2510-4187	4,5				90/140	
2510-4192	5	100	40		60	
2510-4201	6	112		112/160		
2510-4209	7	118	40	125/160		9
2510-4211	8	125		132/180		
2510-4218	9	140		150/180		
2510-4223	10	150	50	75		
Пример обозначения фрезы модулем 2 мм: <i>Фреза 2510-4143 Р6М5 ГОСТ 9324-80</i>						

Таблица Д.14 - Дисковые модульные фрезы  
ГОСТ 9324-80

Размеры в миллиметрах



Модуль	$D$	$d$	$z$	$B$
1	50	19	14	5
1,25	50	19	14	5,5
1,5	55	22	14	6
2	63	22	12	8
2,5	70	22	12	10
3	80	27	12	12
4-- 4,5	90	27	12	14
5 - 5,5	100	27	12	16
6 - 7	110	32	10	22
8 - 9	125	32	10	24
10	140	40	10	30

Пример обозначения фрезы модулем  
2 мм: Фреза  $m=2$  Р6М5 ГОСТ 9324-80

Характеристики абразивного инструмента (шлифовальных кругов) приведены в таблице Д.15 в соответствии с ГОСТ 2424-83. Круги изготовляют классов точности АА, А и Б.

Таблица Д.15 - Абразивные материалы

Шлифовальный материал	Обозначение материала
Электрокорунд нормальный	!8А; 15А; 14А; 13А; 12АР
Электрокорунд белый	25А; 24А; 23А
Электрокорунд хромотитанистый	94А; 93А; 92А; 91А;
Монокорунд	45А; 44А; 43А
Карбид кремния зеленый	64С; 63С
Карбид кремния черный	55С; 54С

Зерновой состав шлифовальных материалов—по ГОСТ 3647 – 80 с индексами: В и П — для кругов класса АА; В, П и Н — для кругов класса А; В, П, Н и Д - для кругов класса Б.

Зернистость: шлифзерно 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16; шлифпорошки 12; 10; 8; 6; 5; 4; 3; микропорошки М63; М50; М40; М28; М20; М14; М10; М7; М5.

В зависимости от зернового состава по ГОСТ 3647—80 шлифовальных материалов обозначение зернистости дополняется буквенным индексом, например 200-Н; 12-П; М50-В; М20-Д.

Степени твердости абразивных инструментов по ГОСТ 21323-75: СМ - среднемягкий; С — средний; СТ — среднетвердый; Т — твердый.

Номер структуры:

- плотная — 1; 2; 3; 4 — для обработки заготовок из твердых материалов при доводочных и чистовых работах с получением малой шероховатости поверхности;

- средняя — 5; 6; 7; 8 — для обработки заготовок из металлов с высоким сопротивлением разрыву;

- открытая — 9; 10; 11; 12 — для обработки заготовок из вязких материалов с низким сопротивлением разрыву; дает высокую шероховатость поверхности и большой износ инструмента, обеспечивает лучший отвод снимаемой стружки и лучшие условия для охлаждения при обработке металла.

Вид связки: керамическая К; бакелитовая Б; вулканитовая В.

Круги изготавливают следующих типов:

ПП — прямого профиля; 2П — с двусторонним коническим профилем; 3П — с коническим профилем; ПВ — с выточкой; ПВК — с конической выточкой; К — кольцевые; ЧК — чашечные цилиндрические; Т и ИТ — тарельчатые; ПН — с запрессованными крепежными элементами; ПВДС — с двусторонней выточкой и ступицей; ПВДК — с двусторонней конической выточкой; ПВД — с двусторонней выточкой. Один из способов установки шлифовального круга показан на рисунке Д.1.

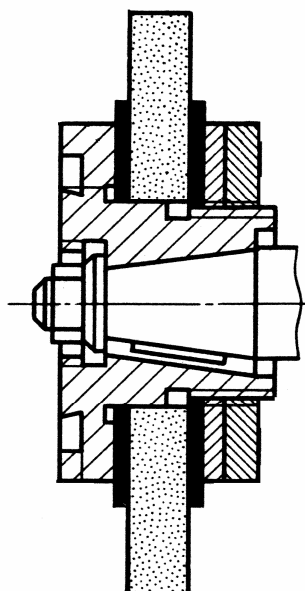
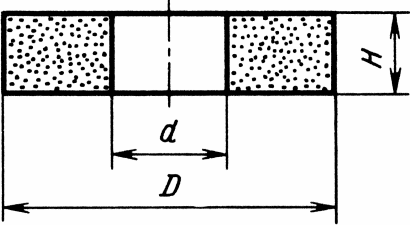
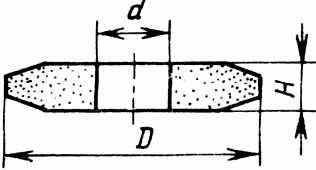
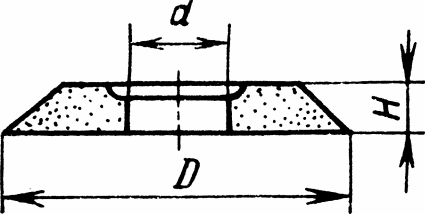


Рисунок Д.1 – Установка шлифовального круга

Некоторые виды шлифовальных кругов приведены в таблице Д.16. Круги профиля ПП используются для круглого шлифования. Круги профилей 2П, 3П используют для шлифования шлицев. Червячные шлифовальные круги получают правкой кругов профиля ПП; материал кругов: 25А, 93А; зернистость – 3 – 20; твердость: С1, СМ1, СМ2, М3.

Таблица Д.16 - Некоторые виды шлифовальных кругов ГОСТ 2424-83

Размеры в миллиметрах

		
Круги прямого профиля ПП		
<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>
3-25	1-40	1-68
32-150	2,5-100	6-51
175-350	3,2-200	32-203
400-1060	6-250	127-305
		
Круги с двухсторонним коническим профилем 2П		
250 – 500	10 – 32	76 - 203
		
Круги с коническим профилем 3П		
63 – 500	6 – 50	10 - 203
<p>Пример обозначения круга формы ПП <math>D = 200</math> мм, <math>H = 50</math> мм, <math>d = 50</math> мм из электрокорунда белого марки 25А, зернистостью М10, твердостью СМ, на керамической связке: ПП 200×50×50; 25А СМ-5-К ГОСТ 2424-83</p>		

## Приложение Е

(рекомендуемое)

### Номинальные припуски на механическую обработку

Таблица Е.1 - Припуски на механическую обработку валов (наружные поверхности вращения)

В миллиметрах

Номи- нальный диаметр	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала					
		до 120	св.120 до 260	св.260 до 500	св.500 до 800	св.800 до 1250	св.1250 до 2000
1	2	3	4	5	6	7	8
Точение проката повышенной точности							
До 30	Черновое и одно- кратное	<u>1,2</u> 1,1	<u>1,7</u> –	–	–	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> –	–	–	–	–
	Тонкое	0,12 <u>0,12</u>	<u>0,15</u> –	–	–	–	–
Св. 30 до 50	Черновое и одно- кратное	<u>1,2</u> 1,1	<u>1,5</u> 1,4	<u>2,2</u>	–	–	–
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,35</u> –	–	–	–
Св. 50 до 80	Черновое и одно- кратное	<u>1,5</u> 1,1	<u>1,7</u> 1,5	<u>2,3</u> 2,1	<u>3,1</u> –	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,40</u> –	–	–
	Тонкое	<u>0,14</u> 0,12	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,16	<u>0,23</u> –	–	–
Св. 80 до 120	Черновое и одно- кратное	<u>1,6</u> 1,2	<u>1,7</u> 1,3	<u>2,0</u> 1,7	<u>2,5</u> 2,3	<u>3,3</u> –	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> –	–
	Тонкое	<u>0,14</u> 0,13	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,15	<u>0,17</u> 0,17	0,20 –	–



1	2	3	4	5	6	7	8
Точение проката обычной точности							
До 30	Черновое и однократное	<u>1,3</u> 1,1	<u>1,7</u> –	–	–	–	–
	Получистовое	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> –	–	–	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,25</u> –	–	–	–	–
	Тонкое	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,15</u> –	–	–	–	–
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	<u>1,3</u> 1,3	<u>1,6</u> 1,4	<u>2,2</u> –	–	–	–
	Получистовое	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> –	–	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> –	–	–	–
	Тонкое	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,14</u> 0,13	<u>0,16</u> –	–	–	–
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	<u>1,5</u> 1,1	<u>1,7</u> 1,5	<u>2,3</u> 2,1	<u>3,1</u> –	–	–
	Получистовое	<u>0,45</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,55</u> –	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,20	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> –	–	–
	Тонкое	<u>0,13</u> 0,12	<u>0,14</u> 0,13	<u>0,18</u> 0,16	<u>0,20</u> –	–	–
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	<u>1,8</u> 1,2	<u>1,9</u> 1,5	<u>2,1</u> 1,7	<u>2,6</u> 2,3	<u>3,4</u> –	–
	Получистовое	<u>0,500,4</u> 5	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,55</u> –	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> –	–
	Тонкое	<u>0,15</u> 0,12	<u>0,15</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,14	0,18 0,17	<u>0,20</u> –	–

Продолжение таблицы Е.1

В миллиметрах

1	2	3	4	5	6	7	8
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	<u>2,0</u> 1,3	<u>2,1</u> 1,4	<u>2,3</u> 1,8	<u>2,7</u> 2,3	<u>3,5</u> 3,2	<u>4,8</u> –
	Получистовое	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,60</u> 0,55	<u>0,65</u> –
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,40</u> –
	Тонкое	<u>0,16</u> 0,13	<u>0,16</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,15	<u>0,18</u> 0,17	<u>0,21</u> 0,20	<u>0,27</u> –
Св. 180 до 260	Черновое и однократное	<u>2,3</u> 1,4	<u>2,4</u> 1,5	<u>2,6</u> 1,8	<u>2,9</u> 2,4	<u>3,6</u> 3,2	<u>5,0</u> 4,6
	Получистовое	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,50</u> 0,50	<u>0,55</u> 0,50	<u>0,60</u> 0,55	<u>0,65</u> 0,65
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> 0,35	<u>0,40</u> 0,27
	Тонкое	<u>0,17</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,14	<u>0,18</u> 0,15	<u>0,19</u> 0,17	<u>0,22</u> 0,20	<u>0,27</u> 0,26
Точение штампованных заготовок							
До 18	Черновое и однократное	<u>1,5</u> 1,4	<u>1,9</u> –	–	–	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> –	–	–	–	–
	Тонкое	<u>0,14</u> 0,14	<u>0,15</u> –	–	–	–	–
Св. 18 до 30	Черновое и однократное	<u>1,6</u> 1,5	<u>2,0</u> 1,8	<u>2,3</u> –	–	–	–
	Чистовое	<u>0,25</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> –	–	–	–
	Тонкое	<u>0,14</u> 0,14	<u>0,15</u> 0,14	<u>0,16</u> –	–	–	–
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	<u>1,8</u> 1,7	<u>2,3</u> 2,0	<u>3,0</u> 2,7	<u>3,5</u> –	–	–
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,25	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> –	–	–
	Тонкое	<u>0,15</u> 0,15	<u>0,16</u> 0,15	<u>0,19</u> 0,17	<u>0,21</u> –	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	<u>2,2</u> 2,0	<u>2,9</u> 2,6	<u>3,4</u> 2,9	<u>4,2</u> 3,6	<u>5,0</u> –	–
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,40</u> 0,35	<u>0,45</u> –	–
	Тонкое	<u>0,16</u> 0,16	<u>0,18</u> 0,17	<u>0,20</u> 0,18	<u>0,22</u> 0,20	<u>0,26</u> –	–
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	<u>2,6</u> 2,3	<u>3,3</u> 3,0	<u>4,3</u> 3,8	<u>5,2</u> 4,5	<u>6,3</u> 5,2	<u>8,2</u>
	Чистовое	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,30</u> 0,30	<u>0,40</u> 0,35	<u>0,45</u> 0,40	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,60</u> –
	Тонкое	<u>0,17</u> 0,17	<u>0,19</u> 0,18	<u>0,23</u> 0,21	<u>0,26</u> 0,24	<u>0,30</u> 0,26	<u>0,38</u> –
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	<u>3,2</u> 2,8	<u>4,6</u> 4,2	<u>5,0</u> 4,5	<u>6,2</u> 5,6	<u>7,5</u> 6,7	–
	Чистовое	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,40</u> 0,30	<u>0,45</u> 0,40	<u>0,50</u> 0,45	<u>0,60</u> 0,35	–
	Тонкое	<u>0,20</u> 0,24	<u>0,20</u> 0,22	<u>0,25</u> 0,23	<u>0,30</u> 0,27	<u>0,35</u> 0,32	–
Шлифование заготовок							
До 30	Предварительное после термообработки	0,3	0,60	–	–	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,1	0,1	–	–	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	–	–	–	–
Св. 30 до 50	Предварительное после термообработки	0,25	0,50	0,85	–	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	–	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	–	–	–

Продолжение таблицы Е.1

В миллиметрах

Св. 50 до 80	Предварительное после термообработки	0,25	0,40	0,75	1,20	–	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	–	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	–	–
Св. 80 до 120	Предварительное после термообработки	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	–
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	–
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	–
Св. 120 до 180	Предварительное после термообработки	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Примечания

1 Припуски при точении в числителе указаны при установке заготовки в центрах, в знаменателе - в патроне.

2 Если величина припуска при шлифовании не может быть снята за один проход, то 70 % его удаляют на первом и 30 % на втором проходах.

3 Величины припусков на обработку конических поверхностей принимать те же, что и на обработку цилиндрических, устанавливая их по наибольшему диаметру.

Таблица Е.2 - Припуски на бесцентровое шлифование валов после чистового точения

В миллиметрах

Операционные припуски при длине вала				
Диаметр вала	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 500	св. 500 до 1000
<b>Шлифование сырых валов</b>				
Св. 6 до 10	0,25	0,30	–	–
Св. 10 до 18	0,30	0,35	–	–
Св.18 до 30	0,35	0,40	0,45	–
Св.30 до 50	0,40	0,45	0,50	0,55
Св.50 до 80	0,45	0,50	0,55	0,60
Св.80 до 120	0,50	0,55	0,60	0,65
Св. 120 до 180	0,55	0,60	0,65	0,70
<b>Шлифование закаленных валов</b>				
Св. 6 до 10	0,30	0,35	–	–
Св. 10 до 18	0,35	0,40	–	–
Св.18 до 30	0,40	0,45	0,50	–
Св.30 до 50	0,45	0,50	0,55	0,60
Св.50 до 80	0,50	0,55	0,60	0,65
Св.80 до 120	0,55	0,60	0,65	0,70
Св. 120 до 180	0,60	0,65	0,70	0,75

Таблица Е.3 - Припуски на хонингование отверстий в зависимости от исходной погрешности формы и шероховатости поверхности

Отклонение формы		Исходная шероховатость поверхности, мкм	Переход	После хонингования		
исходное, мкм	допускаемое, мкм			припуск на диаметр, мкм	отклонение формы, мкм	шероховатость поверхности, $R_a$ , мкм
100 - 150	4 - 5	$R_z = 40-20$	Первый Второй Третий	150-200 20-30 12-15	35-20 6-10 4-5	2,5-0,63 0,63-0,16 0,32-0,08
50 - 90	3 - 4	$R_z = 40-20$	Первый Второй Третий	80-120 15-25 8-12	10-18 5-9 3-4	2,5-0,63 0,63-0,16 0,32-0,08
25 - 40	2 - 3	$R_z = 20$ $R_a = 2,5-1,25$	Первый Второй Третий	50-70 12-15 6-12	8-2 4-6 2-3	1,25-0,32 0,63-0,16 0,32-0,08
12 - 15	2 - 3	$R_a = 2,5-0,63$	Первый Второй	20-35 10-12	5-9 2-3	1,25-0,16 0,32-0,08
6-12	1 - 2	$R_a = 2,5-0,63$	Первый Второй	15-20 4-6	2-4 1-2	0,63-0,16 0,32-0,08

Таблица Е.4 - Припуски на тонкое (алмазное) растачивание отверстий

В миллиметрах

Диаметр обрабатываемого отверстия	Обрабатываемый материал			
	легкие сплавы	баббит	бронза и чугуны	сталь
До 30	0,2/0,1	0,3/0,1	0,2/0,1	0,2/0,1
Св-30 до 50	0,3/0,1	0,4/0,1	0,3/0,1	0,2/0,1
Св. 50 до 80	0,4/0,1	0,5/0,1	0,3/0,1	0,2/0,1
Св. 80 до 120	0,4/0,1	0,5/0,1	0,3/0,1	0,3/0,1
Св. 120 до 180	0,5/0,1	0,6/0,2	0,4/0,1	0,3/0,1
Св. 180 до 250	0,5/0,1	0,6/0,2	0,4/0,1	0,3/0,1
Св. 250 до 360	0,5/0,1	0,6/0,2	0,4/0,1	0,3/0,1
Св. 360 до 400	0,5/0,1	0,6/0,2	0,5/0,1	0,4/0,1

Примечание - В числителе приведены припуски на предварительную обработку, в знаменателе - на окончательную. В случае применения одного растачивания припуск определяется как сумма припусков.

Таблица Е.5 - Припуски на шлифование отверстий (на диаметр)

В миллиметрах

Диаметр отверстия	Длина отверстия				
	До 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	св. 200 до 300	св. 300 до 500
До 10	0,2	–	–	–	–
Св. 10 до 18	0,2/0,3	0,3/0,4	–	–	–
Св. 18 до 30	0,2/0,3	0,3/0,4	0,4/0,4	–	–
Св. 30 до 50	0,3/0,4	0,3/0,4	0,4/0,4	0,4/0,5	–
Св. 50 до 80	0,3/0,4	0,4/0,5	0,5/0,5	0,4/0,5	–
Св. 80 до 120	0,5/0,5	0,4/0,5	0,5/0,6	0,6/0,6	0,6/0,7
Св. 120 до 180	0,6/0,6	0,6/0,6	0,6/0,6	0,6/0,6	0,6/0,7
Св. 180 до 260	0,6/0,7	0,6/0,7	0,7/0,7	0,7/0,7	0,8/0,8
Св. 260 до 360	0,6/0,7	0,7/0,8	0,7/0,8	0,8/0,8	0,8/0,9
Св. 360 до 500	0,8/0,8	0,8/0,8	0,8/0,8	0,9/0,9	0,9/0,9
Примечание - В числителе приведены припуски на детали без термообработки, в знаменателе - после термообработки.					

Таблица Е.6 - Припуски на хонингование отверстий

В миллиметрах

Диаметр отверстия	После тонкого растачивания	После чистового развертывания	После внутреннего шлифования
До 50	0,09/0,06	0,09/0,07	0,08/0,05
Св. 50 до 80	0,10/0,07	0,10/0,08	0,09/0,05
Св. 80 до 120	0,11/0,08	0,11/0,09	0,10/0,06
Св. 120 до 180	0,12/0,09	0,12/–	0,11/0,07
Св. 180 до 250	0,12/0,09	–	0,12/0,08
Примечание - В числителе приведены припуски для чугуна, в знаменателе - для стали.			

Таблица Е.7 - Припуски на притирку отверстий

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр, мм
До 50	0,010
Св. 50 до 80	0,015
Св. 80 до 120	0,020

Таблица Е.8 - Припуски на шабрение отверстий

В миллиметрах

Диаметр отверстия	Припуск на диаметр при длине отверстия		
	до 100	св. 100 до 200	св. 200 до 300
До 80	0,05	0,08	0,12
Св. 80 до 180	0,10	0,15	0,25
Св. 180 до 360	0,15	0,25	0,35

Таблица Е.9 - Припуски на обработку отверстий протягиванием

В миллиметрах

Номинальный диаметр отверстия	Припуск на диаметр для отверстий, подготовленных с точностью	
	до 11 квалитета	грубее 11 квалитета
До 18	0,5	0,7
Св. 18 до 30	0,6	0,8
Св. 30 до 50	0,8	1,0
Св. 50 до 80	1,0	1,2
Св. 80 до 120	1,2	1,5
Св. 120 до 180	1,5	1,8

Примечание - Припуски даны на обработку отверстий длиной  $l < 3d$ .

Таблица Е.10 - Припуски на обработку отверстий в сплошном материале по 7

- 8-м квалитетам

В миллиметрах

Диаметры отверстий		Сверление		Чистовое растачивание		Зенкерование	Предварительное развертывание	
номинал	Допуск		первое сверло	второе сверло	номинал			допуск по Н11
	По Н7	по Н8						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0,01	0,014	2,9					
4	0,012	0,018	3,9					



1	2	3	4	5	6	7	8	9
5			4,8					
6			5,8					
7			6,8					
8	0,015	0,022	7,8	-	-	-	-	7,96
9			8,8					8,96
10			9,8					9,96
11			10				10,79	10,95
12			11				12,79	12,95
13			12				12,79	
14	0,018	0,027	13				13,79	13,95
15			14				14,79	14,95
16			15				15,79	15,95
18			17				17,79	17,94
20			18	-	19,8		19,75	19,94
22			20	-	20,8		21,75	21,94
24			22	-	23,8		23,75	23,94
25	0,021	0,033	23-		24,8	0,13	24,75	24,94
26			24		25,8		25,75	25,94
28			26		27,8		27,75	27,94
30			15	28	29,8		29,75	29,94
32			15	30	31,7		31,71	31,93
34			15	32	33,7		33,71	33,93
35			20	33	34,7		34,71	34,93
36	0,025	0,039	20	34	35,7	0,16	35,71	35,93
37			20	35	36,7		36,71	36,93
38			20	36	37,7		37,71	37,93
40			25	38	39,7		39,71	39,93

## Примечания

1 При сверлении отверстий в чугуне применять одно сверло для диаметров 30 и 32 (для отверстия диаметром 30 применять сверло 28, для отверстия диаметром 32 - сверло 30).

2 Выбор - перехода "расточивание", "зенкерование" определяется технологическим процессом.

3 Для обработки отверстий диаметром свыше 30 мм вместо разверток рекомендуется применять оправки типа "микробор".

Таблица Е.11 - Припуски на обработку прошитых или полученных литьем отверстий по 7 - 8-квалитетам

В миллиметрах

Диаметр отверстия		Черновое растачивание		Чистовое растачивание		Развертывание, тонкое растачивание (первое)	
Номинал	Допуск		первое	второе	номинал		допуск Н11
	Н7	Н8				номинал	
1	2	3	4	5	6	7	8
30	0,021	0,033		28	29,8	0,13	29,93
32	0,025	0,039		30	31,7		31,93
34				32	33,7		33,93
35				33	34,7		34,93
36				34	35,7		35,93
37				35	36,7		36,93
38				36	37,7	0,16	37,93
40				38	39,7		39,93
42				40	41,7		41,93
45				43	44,7		44,93
47				45	46,7		46,93
48				46	47,7		47,93
50			45	48	49,7		49,93
52	0,03	0,046	47	50	51,5	0,19	51,92
55			50	53	54,5		54,92
58			53	56	57,5		57,92
60			55	58	59,5		59,92
62			57	60	61,5		61,92
63			58	61	62,5		62,92
65			60	63	64,5		64,92
68			63	66	67,5		67,9
70			65	68	69,5		69,9
72			67	70	71,5		71,9
75			70	73	74,5		74,9

Продолжение таблицы Е.11

В миллиметрах

1	2	3	4	5	6	7	8
78	0,03	0,046	73	76	77,5	0,19	77,9
80			75	78	79,5		79,9
85			80	83	84,3	0,22	84,55
90			85	88	89,3		89,55
95			90	93	94,3		94,85
100			95	98	99,3		99,85
105			100	103	104,3		104,8
110			105	108	109,3		109,8
115			110	113	114,3		114,8
120			115	118	119,3		119,8
125			120	123	124,3	0,25	124,8
130			125	128	129,3		129,8
135			130	133	134,3		134,8
140			135	138	139,3		139,8
145			140	143	144,3		144,8
150			145	148	149,3		149,8
155			150	153	154,3		154,8
160			155	158	159,3		159,8
165	0,04	0,063	160	163	164,3	0,25	164,8
170			165	168	169,3		169,8
175			170	173	174,3		174,8
180			175	178	179,3		179,8
190			185	188	189,3		189,8
195	0,046	0,072	190	193	194,3	0,29	194,8
200			194	197	199,3		199,8
Примечание - Окончательное развертывание и тонкое растачивание отверстий выполняют по номинальным диаметрам отверстий с допусками по Н7 или Н8							

Таблица Е.12 - Припуски на обработку отверстий в сплошном материале по 9-му и 11-му квалитетам

В миллиметрах

Диаметр отверстия			Обработка отверстия с допусками по Н9						Сверление		Зенкерование	Развертывание
Номинал	Допуск		сверление		чистовое растачивание		зенкерование	развертывание	1-е	2-е		
	по Н9	По Н11	1-е	2-е	номинал	допуск по Н11						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	0,025	0,06	2,9					3Н9	2,9	-	-	3Н11
4	0,03	0,07	3,9					4Н9	3,9			4Н11
5			4,8					5Н9	4,9	-	-	5Н11
6			5,8					6Н9	5,9			6Н11
7	0,036	0,09	6,8					7Н9	6,8			7Н11
8			7,8					8Н9	7,8	-	-	8Н11
9			8,8					9Н9	8,8			9Н11
10			9,8					10Н9	9,8			10Н11
11	0,043	0,11	10				10,9	11Н9	10,8			11Н11
12			11				12,9	12Н9	12,8			12Н11
13			12				12,9	13Н9	12,7			13Н11
14			13				13,9	14Н9	12,7			14Н11
15			14				14,9	15Н9	13,7			15Н11
16			15				15,9	16Н9	14,3			16Н11
18			17				17,9	18Н9	16,3			18Н11
20	0,052	0,13	18		19,8		19,88	20Н9	17,5			20Н11
22			20		21,8		21,88	22Н9	19,5			22Н11
24			22		23,8		23,88	24Н9	21,5			24Н11
25			23		24,8	0,13	24,88	25Н9	22,5			25Н11
26			24		25,8		25,88	26Н9	2,5			26Н11
28			26		27,8		27,88	28Н9	25,5			28Н11
30			15	28	29,8		29,88	30Н9	20	27,5		

Продолжение таблицы Е.12

В миллиметрах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	0,062	0,16	15	30	31,7		31,85	32Н9	20	29	32Н11	
34			15	32	33,7	0,16	33,85	34Н9	20	31	34Н11	
35			20	33	34,7		34,85	35Н9	20	32	35Н11	
36			20	34	35,7		35,85	36Н9	20	33	36Н11	
37			20	35	36,7		36,85	37Н9	20	34	37Н11	
38			20	36	37,7		37,85	38Н9	20	35	38Н11	
40			25	38	39,7	0,16	39,85	40Н9	25	38	40Н11	"
42			25	40	41,7		41,85	42Н9	25	40	42Н11	
45			25	43	44,7		44,85	45Н9	25	43	45Н11	
47			25	45	46,7		46,85	47Н9	25	45	47Н11	
48			25	46	47,7		47,85	48Н9	25	46	48Н11	
50			25	48	49,7		49,85	50Н9	25	48	50Н11	

Примечание - При сверлении отверстий в чугуне применять одно сверло для диаметров 30 и 32 (для отверстия диаметром 30 применять сверло 28, для отверстия диаметром 32 - сверло 030).

Таблица Е.13 - Припуски на обработку прошитых или полученных литьем отверстий по 9-му и 11 -му квалитетам

В миллиметрах

Диаметр отверстия		Обработка отверстий с допуском по Н9							Зенкерование или растачивание по Н1	
Номинал	допуск		черновое растачивание		чистовое растачивание		развертывание, тонкое растачивание		первое	второе
	Н9	Н11	первое	Второе	номинал	допуск по Н11	первое	второе		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
30	0,052	0,13		28	29,8	0,13	29,93	30Н9	28	30Н11
32	0,062	0,16		30	31,7	0,16	31,93	32Н9	30	32Н11
34				32	33,7		33,93	34Н9	32	34Н11
35				33	34,7		34,93	35Н9	32	35Н11
36				34	35,7		35,93	36Н9	34	36Н11
37				35	36,7		36,93	37Н9	34	37Н11
38				36	37,7		37,93	38Н9	36	38Н11
40				38	39,7		39,93	40Н9	38	40Н11

Продолжение таблицы Е.13

В миллиметрах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
45	0,062	0,16		43	44,7		44,93	45H9	42	45H11
47				45	46,7		46,93	47H9	43	47H11
48			45	46	47,7		47,93	48H9	46	48H11
50				48	49,7		49,93	50H9	48	50H11
52	0,087	0,22	47	50	51,5	0,19	51,92	52H9	50	52H11
55			50	53	54,5		54,92	55H9	52	55H11
58			53	56	57,5		57,92	58H9	55	58H11
60			55	58	59,5		59,92	60H9	58	60H11
62			57	60	61,5		61,92	62H9	60	62H11
63			58	61	62,5		62,92	63H9	60	63H11
65			60	63	64,5		64,92	65H9	62	65H11
68			63	66	67,5		67,9	68H9	65	68H11
70			65	68	69,5		69,9	70H9	68	70H11
72			67	70	71,5		71,9	72H9	70	72H11
75			70	73	74,5		74,9	75H9	72	75H11
78			73	76	77,5		77,9	78H9	75	78H11
80			75	78	79,5		79,9	80H9	78	80H11
85			0,087	0,22	80		83	84,3	0,22	84,85
90	85	88			89,3	89,85	90H9	88		90H11
95	90	93			94,3	94,85	95H9	92		95H11
100	95	98			99,3	99,85	100H9	98		100H11
105	100	103			104,3	104,8	105H9	102		105H11
110	105	108			109,3	109,8	110H9	107		110H11
115	110	113			114,3	114,8	115H9	112		115H11
120	115	118	119,3	119,8	120H9	117	120H11			
125	0,1	0,25	120	123	124,3	0,25	124,8	125H9	122	125H11
130			125	128	129,3		129,8	130H9	127	130H11
135			130	133	134,3		134,8	135H9	132	135H11
140			135	138	139,3		139,8	140H9	137	140H11
145			140	143	144,3		144,8	145H9	142	145H11
150			145	148	149,3		149,8	150H9	147	150H11
155			150	153	154,3		154,8	155H9	152	155H11
160			155	158	159,3		159,8	160H9	157	160H11
165			160	163	164,3		164,8	165H9	162	165H11
170			165	168	169,3		169,8	170H9	167	170H11
175	170	173	174,3	174,8	175H9	172	175H11			
180	175	178	179,3	179,8	180H9	177	180Y11			
190			185	188	189,3		189,9	190H9	187	190H11
195	0,115	0,29	190	193	194,3	0,29	194,8	195H9	192	195H11
200			194	197	199,3		199,8	200H9	197	200H11

Таблица Е.14 - Припуски на черновое фрезерование (строгание) плоскостей  
В миллиметрах

Номинальная толщина	Припуск при длине			
	до 120	св. 120 до 260	св. 260 до 500	св. 500 до 800
Св. 5 до 25	1,5	1,8		
Св. 25 до 35	1,7	1,9		
Св. 35 до 40	1,9	2,2	2,7	
Св. 40 до 50	2,3	2,6	2,9	
Св. 50 до 60	2,6	3,0	3,4	4,1

Таблица Е.15 - Припуски на чистовую обработку плоскостей

В миллиметрах

Длина	Ширина							
	до 100				св. 100 до 250			
	Толщина							
	до 20	св.20 до 50	св.50 до 100	св.100	до 20	св.20 до 50	св.50 до 100	св.100
1	3	4	5	6	7	8	9	10
До 100	0,80	0,80	0,80	0,80	-	-	-	-
	0,35	0,35	0,30	0,30				
Св. 100 до 250	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,10	1,10
	0,40	0,35	0,35	0,30	0,50	0,40	0,35	0,35
Св. 250 до 500	1,20	1,20	1,10	1,10	1,50	1,50	1,40	1,40
	0,50	0,40	0,35	0,30	0,55	0,50	0,40	0,35
Св.500 до 1000	-	1,50	1,40	1,40	2,00	1,90	1,80	1,80
	0,60	0,50	0,40	0,35	0,60	0,55	0,50	0,45
Св.1000 до1500	-	1,80	1,70	1,70	-	2,30	2,20	2,20
	0,65	0,55	0,45	0,40	0,70	0,60	0,55	0,45

Продолжение таблицы Е.15

В миллиметрах

Длина	Ширина							
	св. 250 до 500					св. 500 до 800		
1	3	4	5	6	7	8	9	10
Св.250 до 500	2,50	2,40	2,30	2,30	-	2,50	2,40	2,40
	0,60	0,55	0,50	0,40	-	0,65	0,60	0,50
Св.500 до 1000	-	2,50	2,40	2,40	-	2,70	2,60	2,60
	0,70	0,65	0,60	0,50	-	0,70	0,65	0,60
Св.1000 до 1500	-	2,70	2,60	2,60	-	2,90	2,80	2,80
	0,75	0,70	0,65	0,55	-	0,75	0,70	0,65
Примечания 1 В числителе приведены припуски на чистовое фрезерование, в знаменателе - на шлифование 2 Для закаленных деталей припуск следует увеличить на 20 %								

Таблица Е.16 - Припуски на плоское шлифование для деталей 7-го - 9-го классов точности

В миллиметрах

Длина	Толщина $S$ и ширина $H$						
	$S$ до 20			$S$ св. 20 до 50			
	$H$ до 100	$H$ св.100 до 250	$H$ св.200 до 500	$H$ до 100	$H$ св.100 до 250	$H$ св.200 до 500	$H$ св.500 до 800
до 100	0,35	-	-	0,35	-	-	-
	0,50	-	-	0,50	-	-	-
св. 100 до 250	0,40	0,50	-	0,35	0,40	-	-
	0,60	0,70	-	0,50	0,60	-	-
св. 250 до 500	0,50	0,60	0,70	0,40	0,50	0,60	0,70
	0,70	0,80	0,90	0,60	0,70	0,80	0,90
св. 500 до 1000	0,60	0,70	0,80	0,50	0,60	0,70	0,80
	0,80	0,90	1,00	0,70	0,80	0,90	1,00
Примечание - В знаменателе приведены припуски на шлифование закаленных заготовок							



Таблица Е.17 - Припуски на шабрение плоскостей

В миллиметрах

Длина обрабатываемой поверхности	Ширина обрабатываемой поверхности		
	до 100	св. 100 до 300	св.300
До 300	0,15	0,15	0,20
Св. 300 до 1000	0,20	0,20	0,25
Св. 1000	0,25	0,25	0,30

Таблица Е.18 - Припуски под доводку и притирку плоскостей

В миллиметрах

Длина плоскости	Ширина плоскости		
	до 25	св. 25 до 75	св. 75 до 120
До 25	0,007 - 0,005	0,100 - 0,007	0,014 - 0,010
Св. 25 до 75	0,100 - 0,007	0,016 - 0,010	0,020 - 0,016
Св. 75 до 150	0,014 - 0,010	0,020 - 0,016	0,024 - 0,020
Св. 150 до 250	0,018 - 0,014	0,024 - 0,020	0,030 - 0,024

Таблица Е.19 - Припуски на обработку пазов

В миллиметрах

Ширина паза	Чистовое фрезерование	Шлифование
От 3 до 6	0,75	0,25
Св. 6 до 10	1,00	0,35
Св. 10 до 18	1,50	0,50
Св. 18 до 30	1,50	0,50
Св. 30 до 50	1,50	0,50
Св. 50 до 80	2,00	0,50
До 120	2,00	0,50

Таблица Е.20 - Припуски на обработку торцов деталей типа тел вращения

В миллиметрах

Диаметр торца	Черновое под- резание	Чистовое под- резание	Шлифование
До 20	1,0	0,6	0,3
Св. 20 до 30	1,5	0,6	0,3
Св. 30 до 45	1,5	0,7	0,3
Св. 45 до 75	1,5	0,8	-
Св. 75 до 125	2,0	0,8	-
Св. 125 до 150	2,0	0,9	-
Св.150	2,5	1,0	-

Таблица Е.21 - Припуски на чистовую обработку зубьев цилиндрических зубчатых колес

В миллиметрах

Модуль	Диаметр колеса		
	До 100	100 – 200	200 - 500
Чистовое зубофрезерование и зубодолбление			
3-5	0,6 - 0,9	0,8 - 1,0	1,0-1,2
5-10	0,8 - 1,0	1,0-1,2	1,1-1,6
1	2	3	4
Шевингование			
До 3	0,06-0,10	0,08-0,12	0,10-0,15
3-5	0,08-0,12	0,10-0,15	0,12-0,18
5-7	0,10-0,14	0,12-0,16	0,15-0,18
7-10	0,12-0,16	0,15-0,18	0,18-0,20
Шлифование			
До 3	0,15-0,20	0,15-0,25	0,18-0,30
3-5	0,18-0,25	0,18-0,30	0,20-0,35
5-10	0,25 - 0,40	0,30 - 0,50	0,35-0,60

Таблица Е.22 - Припуски на чистовую обработку червяков

В миллиметрах

Модуль	Чистовое нарезание после предварительного	Шлифование закаленных червяков
До 2	0,35 - 0,40	0,10 - 0,15
Св. 2 до 3	0,50 - 0,60	0,15 - 0,20
Св. 3 до 5	0,6 - 0,70	0,20 - 0,25
Св. 5 до 7	0,70 - 0,80	0,25 - 0,30
Св. 7 до 10	0,80 - 0,90	0,30 - 0,35
Св. 10 до 12	0,90 - 1,00	0,35 - 0,40

Припуски на обработку зубьев устанавливаются на эвольвентную поверхность зубьев. Контроль размеров зубьев чаще всего производится путем измерения длины общей нормали. Значения длины общей нормали цилиндрических зубчатых колес приведены в таблице Е.23.

Таблица Е.23 - Значения длины общей нормали для прямозубых колес при модуле  $m = 1$  мм

В миллиметрах

$z$	$z_n^*$	$W_b$	$z$	$z_n^*$	$W_t$	$z$	$z_n^*$	$W_t$	$z$	$z_n^*$	$W_t$
8	2	4,54024	20	3	7,66043	32	4	10,78062	44	5	13,90081
9	2	4,55424	21	3	7,67443	33	4	10,79462	45	5	13,91482
10	2	4,56825	22	3	7,68844	34	4	10,83863	46	6	16,88095
11	2	4,58225	23	3	7,70244	35	4	10,82264	47	6	16,89496
12	2	4,59626	24	3	7,71645	36	4	10,83664	48	6	16,90896
13	2	4,61026	25	3	7,73045	37	5	13,80278	49	6	16,92297
14	2	4,62427	26	3	7,74446	38	5	13,81678	50	6	16,93697
15	2	4,63827	27	3	7,75846	39	5	13,83079	51	6	16,95098
16	2	4,65228	28	4	10,72460	40	5	13,84479	52	6	16,96498
17	2	4,66628	29	4	10,73860	41	5	13,85880	53	6	16,97899
18	2	4,68029	30	4	10,75261	42	5	13,87280	54	6	16,99299
19	3	7,64642	31	4	10,76661	43	5	13,88681	55	7	19,95913

В таблице Е.23:  $z$  – число зубьев колеса,  $z_n^*$  – число зубьев, охватываемых при измерении,  $W_b$  – длина общей нормали. Для определения длины общей нормали для зубчатых колес модулем, отличным от единицы, следует табличное значение умножить на модуль. Допускается округление значений, приведенных в таблице Е.23 до сотых долей миллиметра. Схема измерения длины общей нормали для зубчатого колеса с модулем  $m = 1$  мм и числом зубьев  $z = 20$  показана на рисунке Е.1.

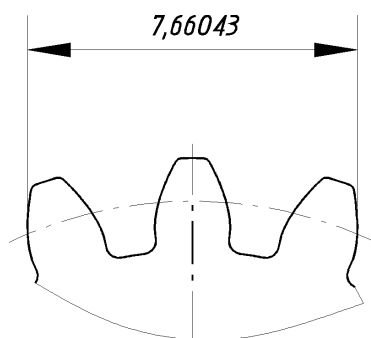


Рисунок Е.1 – Измерение длины общей нормали

Для определения длины общей нормали, полученной на предварительном переходе обработки зубьев, необходимо увеличить ее на удвоенную величину припуска (таблица Е.21)

$$W_{t0} = W_{t1} + 2z.$$

Таблица Е.24 - Припуски на чистовую обработку шлицев

В миллиметрах

Диаметр вала	Длина шлицев		
	До 100	св. 100 до 200	св. 200 до 350
10 – 18	0,4 - 0,6	0,5 - 0,7	-
	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	
18 – 30	0,5 - 0,7	0,6 - 0,8	0,7 - 0,9
	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,2 - 0,4
30 – 50	0,6 - 0,8	0,7 - 0,9	0,8 - 1,0
	0,2 - 0,3	0,2 - 0,4	0,3 - 0,5

## Приложение Ж

(рекомендуемое)

### Режимы резания

Таблица Ж.1 - Поддачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал					
		Сталь конструкционная			Чугун и цветные сплавы		
		Поддача, мм/об, при глубине резания, мм					
		До 3	3 – 5	5 – 8	До 3	3 – 5	5 – 8
До 20	От 16×25 до 25×25	0,3-0,4	0,3-0,4	–	0,4-0,5	–	–
» 20 » 40	От 16×25 до 25×25	0,4-0,5	0,4-0,8	–	0,6-0,9	–	–
40 » 60	От 16×25 до 25×40	0,5-0,9	–	0,3-0,7	–	0,5-0,8	0,4-0,7
» 60 » 100	От 16×25 до 25×40	0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,8-1,4	0,7-1,2	0,6-1,0
» 100 » 400	От 16×25 до 25×40	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	1,0-1,5	0,8-1,9	0,8-1,1
» 400 » 500	От 20×30 до 40×60	1,1-1,4	1,0-1,3	0,7-1,2	1,3-1,6	1,2-1,5	1,0-1,2
» 500 » 600	От 20×30 до 40×60	1,2-1,5	1,0-1,4	0,8-1,3	1,5-1,8	1,2-1,6	1,0-1,4

Таблица Ж.2 – Поддачи при чистовом точении

Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Радиус при вершине резца, мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
	Поддача, мм/об					
0,63	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
2,5	0,14	0,20	0,24	0,29	0,32	0,35
6,3	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
12,5	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
25,0	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Таблица Ж.3 – Поддачи при прорезании пазов

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый -материал	
		Сталь конструкционная	Чугун, цветные сплавы
		Подача, мм/об	
До 20	3	0,06-0,08	0,11-0,14
Св. 20 до 40	3-4	0,1-0,12	0,16-0,19
» 40 » 60	4-5	0,13-0,16	0,20-0,24
» 60 » 100	5-8	0,16-0,23	0,24-0,32
» 100 » 150	6-10	0,18-0,26	0,3-0,4
» 150	10-15	0,28-0,36	0,4-0,55

Таблица Ж.4 – Скорость резания при черновом точении твердосплавными резцами Т15К6 (сталь) ВК8 (чугун)

Глубина резания, мм	Подача, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
	Скорость резания, м/мин						
Сталь							
3	198	166	157	140	127	–	–
4	190	160	150	134	122	117	–
6	178	150	141	126	113	112	98
8	–	144	131	121	110	105	94
10	–	–	127	117	106	100	90
12	–	–	–	113	103	98	88
Чугун							
3	138	121	111	100	91	–	–
4	132	115	107	95	87	80	–
6	124	109	100	89	82	76	82
8	–	104	96	86	78	73	78
10	–	–	93	83	76	70	76
12	–	–	–	80	74	68	73

Таблица Ж.5 - Скорость резания при чистовом точении твердо-сплавными резцами Т15К6 (сталь) ВК8 (чугун)

Глубина резания, мм	Подача, мм/об					
	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
	Скорости резания, м/мин					
Сталь						
1,0	270	235	222	–	–	–
1,5	253	220	208	199	–	–
2,0	244	211	199	191	176	166
Чугун						
1,00	187	176	162	–	–	–
1,5	175	165	152	144	–	–
2,0	168	158	145	138	127	118

Таблица Ж.6 - Скорость резания при прорезании канавок резцами с пластинками из твердого сплава

Обрабатываемый материал	Подача, мм/об									
	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	0,40
	Скорость резания, м/мин									
Сталь	172	156	136	120	107	95	85	75	67	53
Чугун серый	66	62	59	55	52	49	46	44	41	36

Значения скоростей, определенных по таблицам Ж.4 – Ж.6, для станков с ЧПУ следует увеличить умножением их на поправочный коэффициент  $K_v$ , средние значения которого составляют 1,2 – 1,3.

Таблица Ж.7 – Мощность резания при точении

Подача $S$ , мм/об	Глубина резания, мм										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
	Мощность резания, кВт										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,06	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
0,08	0,27	0,55	0,8	1,1	1,3	1,6	2,2	2,7	3,2	4,3	5,4
0,1	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,3	3,0	3,6	4,7	5,8
0,12	0,35	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	7,1

Продолжение таблицы Ж.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,16	0,4	0,8	1,4	1,6	2,1	2,5	3,4	4,2	5,1	6,7	8,4
0,2	0,5	0,9	1,5	1,8	2,5	3,0	4,0	4,9	5,9	7,8	9,8
0,25	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,7	5,8	7,0	9,3	11,6
0,3	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	5,3	6,7	8,0	10,6	13,6
0,4	0,8	1,7	2,5	3,4	4,2	5,0	6,6	8,3	10,0	13,2	16,6
0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	4,9	5,9	7,8	9,8	12,0	15,6	19,5
0,6	1,1	2,2	3,4	4,5	5,6	6,7	8,9	11,0	13,4	18,8	22,3
0,8	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	11,0	14,0	16,6	22,5	27,7
1,0	1,6	3,3	5,0	6,6	8,2	10,0	13,2	16,5	19,7	26,0	33,0

Таблица Ж.8 – Поддачи при сверлении отверстий сверлами из быстро-режущей стали

Диаметр сверла, мм	Сталь		Чугун, цветные сплавы	
	<i>HB</i> 160-240	<i>HB</i> 240-300	<i>HB</i> <170	<i>HB</i> > 170
	Поддача, мм/об			
2-4	0,08-0,10	0,06-0,07	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,10-0,15	0,07-0,11	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,15-0,20	0,11-0,14	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,20-0,25	0,14-0,17	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,25-0,28	0,17-0,20	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,28-0,33	0,20-0,23	0,55-0,66	0,35-0,41
16-20	0,33-0,38	0,23-0,27	0,66-0,76	0,41-0,47
20-25	0,38-0,43	0,27-0,32	0,76-0,89	0,47-0,54
25-30	0,43-0,48	0,32-0,35	0,89-0,96	0,54-0,60
30-40	0,48-0,58	0,35-0,42	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,58-0,66	0,42-0,48	1,19-1,36	0,71-0,81



Таблица Ж.9 – Скорость резания при сверлении отверстий сверлами из быстрорежущей стали

Подача, мм/об, до	Диаметр сверла, мм, до										
	2,4	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40
	Скорость резания м/мин										
0,06	17	22	26	30	33	36	42	—	—	—	—
0,1	—	17	20	23	26	28	32	38	—	—	
0,15	—	—	18	20	22	24	27	30	33	35	40
0,2	—	—	15	17	18	20	23	25	27	30	33
0,3	—	—	—	14	16	17	19	21	23	25	28
0,4	—	—	—	—	—	14	16	18	19	21	22
0,6	—	—	—	—	—	—	—	14	15	17	19
0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15

Таблица Ж.10 - Мощность резания при сверлении стали

Диаметр обрабаты- ваемого отверстия, мм, до	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин													
		13	15	17	20	23	26	30	35						
		Мощность резания, кВт													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
4	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,17						
	0,10	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,19	0,21		0,25					
6	0,06		0,1				0,16		0,18		0,21	0,24	0,18	0,32	0,37
	0,10	0,14	0,23	0,26	0,31	0,35		0,43		0,46			0,54		
	0,16	0,2	0,23	0,26	0,31	0,35		0,43		0,46			0,54		
8	0,06	0,11	0,13	0,15	0,17	0,2	0,2	0,26	0,31						
	0,1	0,18	0,21	0,24	0,28	0,32	0,36	0,42	0,49						
	0,16	0,27	0,31	0,35	0,41	0,48	0,54	0,62	0,72						
	0,2	0,31	0,36	0,49	0,48	0,55	0,62	0,72	0,83						
10	0,06	0,14	0,17	0,19	0,22	0,26	0,29	0,33	0,39						
	0,1	0,23	0,26	0,33	0,35	0,48	0,46	0,52	0,61						
	0,16	0,33	0,38	0,40	0,51	0,5	0,66	0,76	0,89						
	0,2	0,39	0,45	0,51	0,60	0,69	0,78	0,9	1,05						

Продолжение таблицы Ж.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	0,1	0,27	0,32	0,36	0,42	0,49	0,62	0,64	0,74
	0,16	0,41	0,48	0,54	0,64	0,73	0,83	0,96	1,1
	0,2	0,48	0,56	0,63	0,74	0,85	0,97	1,1	1,3
	0,3	0,66	0,76	0,86	1,0	1,16	1,3	1,5	1,76
16	0,16	0,54	0,63	0,71	0,84	0,96	1,1	1,37	1,46
	0,2	0,62	0,72	0,81	0,96	1,1	1,25	1,57	1,67
	0,3	0,88	1,0	1,15	1,36	1,56	1,76	2,2	2,4
	0,4	1,1	1,3	1,45	1,7	1,97	2,2	2,8	3,0
20	0,16	0,66	0,77	0,87	1,0	1,17	1,32	1,53	1,8
	0,2	0,79	0,91	1,0	1,21	1,39	1,57	1,8	2,1
	0,3	1,1	1,27	1,44	1,68	1,94	2,2	2,5	2,95
	0,4	1,39	1,6	1,81	2,13	2,46	2,78	3,2	3,74
25	0,16	0,83	0,96	1,1	1,28	1,46	1,66	1,92	2,23
	0,2	0,98	1,1	1,28	1,50	1,72	1,95	2,28	2,63
	0,3	1,38	1,58	1,80	2,10	2,42	2,75	3,2	3,7
	0,4	1,75	2,0	2,28	2,70	3,1	3,5	4,0	4,7
32	0,16	1,06	1,24	1,39	1,63	1,88	2,1	2,45	2,86
	0,2	1,28	1,48	1,67	1,97	2,28	2,56	3,0	3,45
	0,3	1,68	1,94	2,2	2,6	3,0	3,37	3,9	4,5
	0,4	2,24	2,56	2,9	3,4	4,0	4,45	5,15	6,0

Таблица Ж.11 – Подачи при фрезеровании плоскостей концевыми фрезами с пластинками твердого сплава

Фреза	Диаметр фрезы, мм	Число зубьев фрезы	Глубина резания до, мм			
			1-3	5	8	12
			Подача, мм/зуб			
С коронками	10—12	6	0,025 - 0,03	—	—	—
	14 – 16	6	0,04 - 0,06	0,03 - 0,04	—	—
	18—22	8	0,05 - 0,08	0,04 - 0,06	0,03 - 0,04	—
С винтовыми пластинками	До 20	3	0,07 - 0,10	0,05 - 0,08	0,03 - 0,05	—
	25	4	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,10	0,05-0,08
	30	4	0,10 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,09
	40	6	0,10 - 0,18	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,10

Таблица Ж.12 – Подачи при фрезеровании плоскостей концевыми фрезами из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Диаметр фрезы D, мм	Число зубьев фрезы	Глубина резания до, мм		
			3	5	8
			Подача, мм/зуб		
Сталь	16	4	0,08 - 0,05	0,04 - 0,05	—
		3	0,10 - 0,07		
	20	5	0,10 - 0,06	—	—
		3	0,13 - 0,09		
	25	5	0,12 - 0,07	0,09 - 0,05	—
		3	0,16 - 0,10		
32	6	0,16 - 0,10	0,12 - 0,07	—	
	4	0,20 - 0,15			
40	6	0,20 - 0,12	0,14 - 0,08	0,08 - 0,05	
	4	0,25 - 0,18			
50	6	0,25 - 0,15	0,15 - 0,10	0,10 - 0,07	
	4	0,30 - 0,20			
Чугун, цветные сплавы	16	4	0,12 - 0,10	0,06 0,08	—
		3	0,18 - 0,13		
	20	5	0,15 - 0,12	0,10 - 0,07	—
		3	0,20 - 0,15		
	25	5	0,18 - 0,14	0,12 - 0,08	—
		3	0,25 - 0,18		
32	6	0,22 - 0,14	0,15 - 0,10	—	
	4	0,32 - 0,20			
40	6	0,25 - 0,16	0,18 - 0,12	0,12 - 0,08	
	4	0,35 - 0,25			
50	6	0,30 - 0,16	0,20 - 0,12	0,15 - 0,10	
	4	0,40 - 0,25			

Таблица Ж.13 - Подачи при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы, мм	Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза		Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход	
			Осевое врезание на глубину шпоночного паза	Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза
	Глубина фрезерования, мм	Подача, мм/зуб		
6	0,3	0,100	0,006	0,020
8		0,120	0,007	0,022
10		0,160	0,008	0,024
12		0,180	0,009	0,026
16	0,4	0,250	0,010	0,028
18		0,280	0,011	0,030
20		0,310	0,011	0,032
24		0,380	0,012	0,036
28	0,5	0,450	0,014	0,037
32		0,500	0,015	0,037
36		0,550	0,016	0,038
40		0,650	0,016	0,038

Таблица Ж.14 – Скорость и мощность резания при обработке плоскостей концевыми фрезами с пластинками твердого сплава

Отношение припуска к диаметру фрезы $t/D$	Подача, мм/зуб							
	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,16	0,20	0,25
	Скорость, м/мин Мощность, кВт							
Сталь								
0,10	<u>152</u>	<u>123</u>	<u>108</u>	<u>99</u>	<u>92</u>	<u>80</u>	<u>75</u>	<u>69</u>
	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4	1,7	1,9	2,0
0,25	<u>141</u>	<u>114</u>	<u>101</u>	<u>92</u>	<u>85</u>	<u>75</u>	<u>69</u>	<u>64</u>
	1,9	2,2	2,4	2,5	2,6	3,2	3,6	3,9
0,50	<u>134</u>	<u>108</u>	<u>95</u>	<u>87</u>	<u>81</u>	<u>70</u>	<u>65</u>	<u>61</u>
	3,2	3,6	3,9	4,1	4,3	5,3	5,8	6,5
0,75	<u>130</u>	<u>104</u>	<u>92</u>	<u>85</u>	<u>79</u>	<u>68</u>	<u>64</u>	<u>59</u>
	4,5	5,2	5,5	5,8	6,1	7,5	8,3	9,1
1,00	<u>102</u>	<u>81</u>	<u>72</u>	<u>86</u>	<u>62</u>	<u>53</u>	<u>50</u>	<u>47</u>
	4,6	5,2	5,6	5,9	6,2	7,6	8,4	9,2
Чугун								
0,10	<u>180</u>	<u>156</u>	<u>144</u>	<u>136</u>	<u>130</u>	<u>115</u>	<u>100</u>	<u>88</u>
	0,7	1,0	1,3	1,4	1,5	1,9	1,9	1,9
0,25	<u>118</u>	<u>103</u>	<u>96</u>	<u>90</u>	<u>86</u>	<u>76</u>	<u>67</u>	<u>58</u>
	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,6	2,7	2,7
0,50	<u>87</u>	<u>76</u>	<u>70</u>	<u>66</u>	<u>63</u>	<u>56</u>	<u>49</u>	<u>42</u>
	1,3	1,9	2,3	2,6	2,9	3,4	3,4	3,5
0,75	<u>80</u>	<u>70</u>	<u>64</u>	<u>61</u>	<u>58</u>	<u>46</u>	<u>41</u>	<u>35</u>
	1,8	2,4	2,9	3,3	3,7	4,0	4,1	4,1
1,00	<u>60</u>	<u>52</u>	<u>49</u>	<u>46</u>	<u>44</u>	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>25</u>
	1,7	2,3	2,8	3,2	3,5	3,6	3,6	3,6

Таблица Ж.15 – Скорость и мощность резания при обработке плоскостей концевыми фрезами и шпоночных пазов шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

Отношение припуска к диаметру фрезы $t/D$	Подача, мм/зуб							
	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,16	0,20	0,25
	Скорость, м/мин							
	Мощность, кВт							
Сталь								
0,10	<u>54</u>	<u>47</u>	<u>43</u>	<u>41</u>	<u>39</u>	<u>35</u>	<u>34</u>	<u>32</u>
	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	1,3
0,25	<u>44</u>	<u>38</u>	<u>35</u>	<u>33</u>	<u>32</u>	<u>29</u>	<u>28</u>	<u>26</u>
	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,7	1,9	2,0
0,50	<u>38</u>	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>29</u>	<u>27</u>	<u>25</u>	<u>24</u>	<u>23</u>
	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,4	2,6	2,8
0,75	<u>34</u>	<u>30</u>	<u>28</u>	<u>26</u>	<u>25</u>	<u>23</u>	<u>22</u>	<u>21</u>
	2,2	2,4	2,5	2,5	2,6	3,2	3,4	3,8
1,00	<u>26</u>	<u>22</u>	<u>21</u>	<u>20</u>	<u>19</u>	<u>17</u>	<u>16</u>	<u>16</u>
	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	3,1	3,4	3,7
Чугун								
0,10	<u>66</u>	<u>58</u>	<u>53</u>	<u>50</u>	<u>48</u>	<u>42</u>	<u>37</u>	<u>32</u>
	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
0,25	<u>44</u>	<u>38</u>	<u>35</u>	<u>33</u>	<u>32</u>	<u>28</u>	<u>25</u>	<u>21</u>
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
0,50	<u>32</u>	<u>28</u>	<u>26</u>	<u>24</u>	<u>23</u>	<u>21</u>	<u>18</u>	<u>16</u>
	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1
0,75	<u>30</u>	<u>26</u>	<u>24</u>	<u>22</u>	<u>21</u>	<u>18</u>	<u>15</u>	<u>14</u>
	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4
1,00	<u>22</u>	<u>19</u>	<u>18</u>	<u>17</u>	<u>16</u>	<u>12</u>	<u>10</u>	<u>9</u>
	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4

Таблица Ж.16 - Подачи при обработке дисковыми модульными фрезами  
зубьев цилиндрических колес

Модуль, мм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Подача, мм/об	Сталь	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
	Чугун	2,5	2,8	2,9	3,0	3,1	3,5	3,7	3,9	3,0	3,9

Таблица Ж.17 - Скорость резания при обработке дисковыми модульными фре-  
зами зубьев цилиндрических колес

Обрабатываемый материал	Подача, мм/об фрезы	Модуль, мм			
		Св. 1 до 5	Св. 5 до 7	Св. 7 до 9	Св. 9 до 10
		Скорость, м/мин			
Сталь	0,7	32	30	28	25
	1,4	29	27	25	23
	2,0	26	24	22	20
	2,5	23	21	19	17
Чугун	1,2	27	25	23	21
	2,5	24	22	20	18
	3,7	21	19	17	15
	4,5	18	16	14	12

Таблица Ж.18 – Подачи при обработке шлицев червячными фрезами

Размеры обрабатываемого ва- ла		Предварительная об- работка фрезами под шлифование	Чистовая обработка по сплошному мате- риалу
Диаметр, мм	Высота шли- цев, мм		
		Подача, м/об	
14—28	1,5 – 2,5	1,8	0,6
30—52	2 – 3	2,0	0,6
54—70	3 – 4	2,2	0,8
72—82	5	2,2	0,8
90—100	5 – 6	2,4	1,2
105—125	5 – 6,5	2,5	1,2

Таблица Ж.19 – Скорость и мощность резания при обработке шлицев червячными фрезами

Вид обработки	Подача, мм/об	Высота шлицев, мм						Мощность, кВт
		2	3	4	5	6	6,5	
		Скорость резания, м/мин						
Черновое нарезание (под шлифование)	1,0	48,0	29,0	20,0	15,0	12,0	10,5	0,4 – 0,9
	1,3	42,0	25,0	17,5	13,2	10,3	9,4	0,4 – 1,0
	1,6	38,0	22,5	15,7	12,0	9,3	8,4	0,4 – 1,0
	2,0	34,0	20,5	14,1	10,6	8,4	7,6	0,4 – 1,0
	2,6	30,0	18,0	12,3	9,3	7,3	6,6	0,5 – 1,0
	3,2	26,0	16,0	11,1	8,4	6,6	6,0	0,5 – 1,1
Чистовое нарезание	0,5	45,0	27,0	18,7	14,0	11,0	10,0	0,2 – 0,5
	0,6	41,5	24,5	17,0	12,8	10,1	9,2	0,3 – 0,6
	0,8	36,0	21,5	14,8	11,1	8,8	8,0	0,3 – 0,6
	1,0	32,0	19,0	13,2	10,0	7,8	7,1	0,3 – 0,6
	1,3	28,0	16,7	11,6	8,7	6,8	6,2	0,3 – 0,6
	1,6	25,0	15	10,4	7,8	6,2	5,6	0,3 – 0,6

Таблица Ж.20 - Параметры резания при круглом наружном шлифовании

Характеристика процесса шлифования	Скорость круга, м/с	Скорость заготовки, м/мин	Глубина шлифования, мм	Продольная подача в долях ширины круга $V$ , мм/об заг.	Радиальная подача, мм/об заг.
С продольной подачей на каждый ход: предварительное окончательное	30- 35	12 – 25	0,01 – 0,025	(0,3 – 0,7) $V$	–
		15 – 55	0,005 – 0,015	(0,2 – 0,4) $V$	–
20 – 30		0,015 – 0,05	(0,3 – 0,7) $V$	–	
Врезное:					
30 – 50		–	–	0,0025– 0,0075	
20 – 40		–	–	0,001 – 0,005	



Таблица Ж.21 - Режимы резания при шлифовании прямобочных шлицев

Рабочий ход	Радиальная подача, мм/раб. ход	Продольная подача, м/мин	Число рабочих ходов
Черновой	0,10 - 0,18	6 - 7	3
Получистовой	0,025 - 0,035	4 - 5	2
Чистовой	0,01 - 0,015	2 - 4	1

Таблица Ж.22 - Подачи при черновом нарезании зубьев цилиндрических колес червячными модульными фрезами

Обрабатываемый материал, твердость	Модуль, мм	Подача, мм/об заг.
Сталь 45, НВ 170-207	От 1 до 1,5	1,8 - 2,0
	Св. 1,5 до 2,5	2,5 - 2,9
	» 2,5 » 4	2,5 - 3,2
	» 4 » 6	2,3 - 2,8
	» 6 » 8	2,0 - 2,5
	» 8 » 10	2,0 - 2,5
Чугун серый, НВ 170—210	От 1 до 1,5	2,0 - 2,3
	Св. 1,5 до 2,5	2,7 - 3,1
	» 2,5 » 4	2,8 - 3,3
	» 4 » 6	2,3 - 3,0
	» 6 » 8	2,3 - 2,5
	» 8 » 10	2,3 - 2,8

Таблица Ж.23 - Подача при чистовой и однократной обработке зубьев цилиндрических колес червячными модульными фрезами

Обрабатываемый материал, твердость	Шероховатость $R_z$ , мкм	Модуль, мм	Подача, мм/об заг.
Сталь 45, НВ 170—207	40—20	От 1 до 1,5	1,0—1,2
		Св. 1,5 до 2,5	1,2—1,8
		Св. 2,5 до 4	1,4—2,0
	10	От 1 до 1,5	0,5—0,8
		Св. 1,5 до 2,5	0,8—1,0
		Св. 2,5 до 4	0,9—1,2
Чугун серый, НВ 170—210	40—20	От 1 до 1,5	1,2—1,4
		Св. 1,5 до 2,5	1,4—1,8
		Св. 2,5 до 4	1,5—2,0
	10	От 1 до 1,5	0,5—0,8
		Св. 1,5 до 2,5	0,8—1,0
		Св. 2,5 до 4	0,9—1,2

Таблица Ж.24 - Скорость ( $V$ ) и мощность резания ( $N$ ) при черновой обработке зубьев цилиндрических колес червячными модульными фрезами

$S$ , мм/об	Модуль, мм											
	От 1 до 1,5		Св 1,5 до 2,5		Св 2,5 до 4		Св 4 до 8		Св, 8 до 10		Св, 8 до 10	
	$V$	$N$	$V$	$N$	$V$	$N$	$V$	$N$	$V$	$N$	$V$	$N$
0,8	60	0,5	59	0,6	58,0	0,7	52	0,9	43,0	0,9	38	1,4
1,0	50	0,5	49	0,65	48,5	0,8	44	0,9	38,0	1,0	33	1,5
1,3	45	0,6	45	0,70	44,0	0,9	39	0,9	36,5	1,1	30	1,7
1,5	43	0,7	43	0,80	43,0	0,9	37	1,0	33,0	1,2	28	1,8
1,8	39	0,8	39	0,90	38,0	1,0	35	1,1	30,0	1,3	26	1,9
2,0	38	0,9	37	1,00	37,0	1,0	29	1,5	29,0	1,5	25	2,0
2,3	—	—	35	1,00	35,0	1,0	32	1,3	26,0	1,5	22	2,1
2,5	—	—	33	1,00	33,0	1,0	30	1,4	24,0	1,6	21	2,2
2,8	—	—	31	1,10	31,0	2,0	28	1,5	23,0	1,6	20	2,3
3,0	—	—	30	1,20	30,0	2,5	27	1,6	22,0	1,7	—	—
3,2	—	—	—	—	29,0	3,0	26	1,7	—	—	—	—
3,4	—	—	—	—	28,0	4,0	—	—	—	—	—	—

Таблица Ж.25 - Скорость резания при чистовой обработке зубьев цилиндрических колес червячными фрезами

Подача, мм/об	Модуль, мм		
	От 1 до 1,5	Св. 1,5 до 2,5	Св. 2,5 до 4
	Скорость резания, м/мин		
0,5	62	53	51
0,8	52	50	49
0,9	49	48	47
1,0	46	45	44
1,2	39	38	37
1,4	—	34	33
1,8	—	27	26
2,0	—	—	24

Таблица Ж.26 – Поддачи при шлифования зубьев цилиндрических зубчатых колес червячным кругом

Диаметр колеса, мм	Радиальная подача, мм/раб. ход		Вертикальная подача, мм/об	
	черновая	чистовая	черновая	Чистовая
60 – 200	0,05 - 0,08	0,01 - 0,02	1,6 - 3,0	0,2 - 0,3
200 – 500	0,04 - 0,06	0,01 - 0,02	1,5 - 2,5	0,2 - 0,4
500 – 800	0,03 - 0,05	0,01 - 0,02	0,5 - 1,0	0,3 - 0,5

## Приложение И

(рекомендуемое)

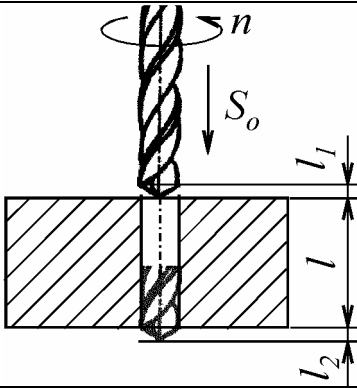
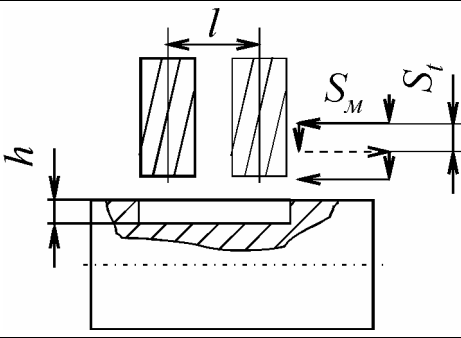
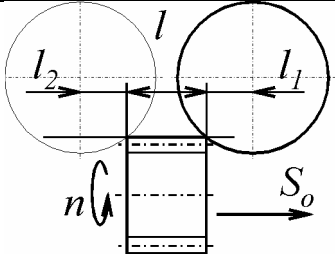
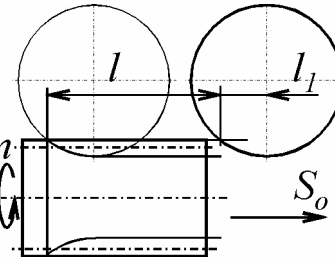
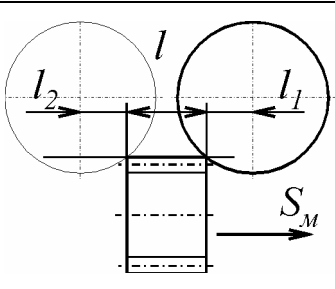
### Данные для определения норм времени

При определении основного технологического времени следует пользоваться расчетными зависимостями, приведенными в таблице И.1. В таблицах И.2 – И.7 приведены значения величин врезания и перебега для различных методов обработки.

Таблица И.1 – Расчетные зависимости для определения основного технологического времени

	Метод обработки	Схема обработки	Расчетные зависимости
1	2	3	4
1	Точение		$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n};$ $L = l + l_1 + l_2$
			$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n};$ $L = l$
	Точение канавок		$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n};$ $L = t$
2	Фрезерование торцовыми и концевыми фрезами		$t_o = \frac{L}{S_m};$ $L = l + l_1 + l_2$

Продолжение таблицы И.1

1	2	3	4
	Сверление		$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n};$ $L = l + l_1 + l_2$
4	Фрезерование шпоночных пазов		$t_o = \frac{L}{S_M} i;$ $L = l;$ $i = \frac{h}{S_t}$
5	Фрезерование зубьев и щлицев червячными фрезами	 	$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n};$ $L = l + l_1 + l_2$ $t_o = \frac{L}{S_o \cdot n};$ $L = l + l_1$
6	Фрезерование зубьев дисковыми модульными фрезами		$t_o = \frac{L}{S_M} i;$ $L = l + l_1 + l_2;$ $i = z$

Продолжение таблицы И.1

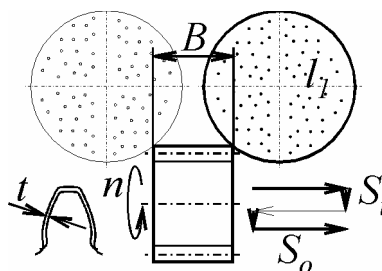
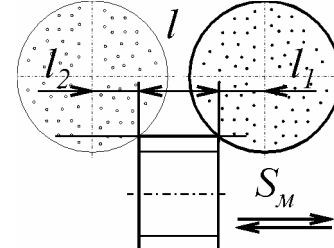
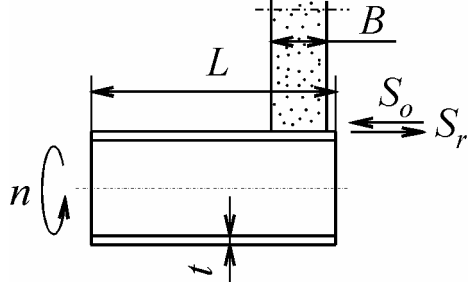
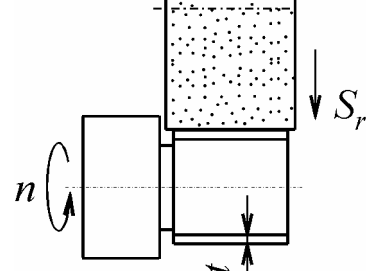
1	2	3	4
7	Зубошлифование червячными абразивными кругами		$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n} i;$ $L = B + (2...3);$ $i = \frac{t}{S_t}$
8	Шлицешлифование		$t_o = \frac{L}{S_m} i;$ $L = l + l_1 + l_2;$ $i = (3 - 5) \cdot z$
9	Круглое наружное шлифование с продольной подачей		$t_o = \frac{L}{S_o \cdot n} i \cdot K;$ $i = \frac{t}{S_r};$ $K = 1,2 - 1,5$
10	Круглое наружное шлифование с поперечной подачей		$t_o = \frac{L}{S_r \cdot n} K;$ $L = t;$ $K = 1,2 - 1,5$
<p>В расчетных зависимостях приняты следующие условные обозначения:  <math>S_o</math> – подача на оборот заготовки (инструмента), мм/об;  <math>n</math> – частота вращения заготовки (инструмента), об/мин;  <math>S_m</math> – минутная подача, мм/мин;  <math>S_r</math> – радиальная подача на оборот заготовки, мм/об;  <math>z</math> – число зубьев колеса (число шлицев);  <math>K</math> – коэффициент, учитывающий выхаживание (работу без подачи на глубину в конце цикла шлифования).</p>			

Таблица И.2 – Суммарная величина врезания и перебега инструмента при сверлении, мм

Вид работы	Диаметр сверла $D$ , мм									
	3	5	10	15	20	25	30	40	50	60
	Врезание $l_1$ и перебег $l_2$									
Сверление напроход	2	2,5	5	6	8	10	12	15	18	23
Сверление в упор	1,5	2	4	6	7	9	11	14	17	21

Таблица И.3 - Величина врезания и перебега инструмента при точении

Резцы	Глубина резания до, мм												
	1	2	3	4	5	0	7	8	10	12	14	16	
	Величина врезания, мм												
Проходные и расточные с углом в плане $\varphi$ , град.	15	5	9	13	16	20	24	28	31	39	—	—	—
	30	3	5	7	8	10	12	14	15	19	22	26	29
	45	2	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	60	1	2	3	3	4	4	5	5	6	7	9	11
	75		1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
	90	3											5
Подрезные	3												
Прорезные													
Примечание - Величина перебега $l_2$ при работе напроход вне зависимости от величины $\varphi$ при глубине резания $t=1 - 2$ мм; $l_2 = 1$ мм; при $t=3 - 7$ мм $l_2 = 2$ мм; при $t = 8 - 16$ мм $l_2=3$ мм.													

Таблица И.4 – Суммарная величина врезания и перебега инструмента при фрезеровании концевыми фрезами

Диаметр фрезы, мм	Глубина резания до, мм									
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	10
	Суммарная величина врезания и перебега, мм									
12	4	5	6	7	8	9	-	-	-	-
14										
16	5	6	7	8	9	10	11	-	-	-
18										
20			8	9	10	11	12	-	-	-
22										
25										
28	6	7	9	11	13	14	15	16	17	-
30				12	14	15	16	17	18	-
35				10	13	15	16	17	18	19
40	7	8	11	14	16	17	18	19	20	21
45	8	9	13	15	17	18	19	20	21	22
50	8	11	14	16	18	19	20	21	22	24

Таблица И.5 – Суммарная величина врезания и перебега при фрезеровании шлицев червячными фрезами

Глубина шлица, мм	Диаметр фрезы, мм											
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120
	Суммарная величина врезания и перебега, мм											
1,5	12		13		14			15			16	
2,0	13		14		15			16		17	18	
3,0	15	16	16	17	17	18	18	19		20	21	22
4,0	17	17	18	19	19	20	20	21	22	23	24	25
5,0	18	19	20	20	21	22	22	23	24	25	26	27
6,0	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27	28	29
7,0	20	21	22	23	24	25	26	26	27	29	30	31
8,0	21	22	23	24	25	26	27	28			32	33



Таблица И.6 – Величина врезания при шлицшлифовании

Время на деление, с	Скорость движения стола $S$ м/мин не более					
	5	6,5	8	10	12,5	16
	Величина врезания, мм					
0,50	30	40	50	60	70	90
0,65	40	50	60	70	90	110
0,80	50	60	80	90	110	140
1,00	60	80	100	110	140	180
1,25	80	100	125	140	180	220
1,60	100	125	160	180	220	280
2,00	120	160	180	220	280	360

Таблица И.7 – Суммарная величина врезания и перебега при зубофрезеровании червячными фрезами цилиндрических зубчатых колес

Модуль, мм	Диаметр фрезы, мм	Врезание и перебег, мм	Модуль, мм	Диаметр фрезы, мм	Врезание и перебег, мм
1	63	15	3 – 3,5	112	32
	70	16	4 – 4,5	100	34
1,25 – 1,5	63	17		5	125
	80	21	112		42
1,75 – 2,0	70	21	6	140	49
	90	24		125	46
2,25 – 2,5	80	27	8	160	55
	100	29		140	50
3 – 3,5	90	29		180	66

Таблица И.8 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки в трехкулачковом патроне

Способ установки и крепления заготовки	Характер выверки	Точность выверки до, мм	Длина заготовки до, мм	Масса заготовки до кг,					
				0,25	0,5	1	3	5	8
				Вспомогательное время, мин					
В патроне с креплением ключом	Без выверки	-	-	0,15	0,18	0,23	0,32	0,37	0,43
	С выверкой	0,5		0,34	0,42	0,55	0,75	0,90	1,05
		0,1		0,80	1,00	1,20	1,55	1,80	2,00
		0,05		0,95	1,15	1,40	1,85	2,1	2,4
В патроне с механизированным зажимом	Без выверки	-	-	0,10	0,12	0,13	0,17	0,19	0,23
	С выверкой	0,5		0,15	0,18	0,21	0,28	0,31	0,38
		0,1		0,36	0,41	0,46	0,55	0,60	0,75
		0,05		0,41	0,47	0,55	0,65	0,70	0,85
В патроне с поджатием центром задней бабки	Без выверки	-	500	-	-	0,38	0,50	0,60	0,70
	С выверкой	0,1	500	-	-	0,60	0,85	1,00	1,20
В патроне с поджатием центром задней бабки и люнете	Без выверки	-	1000	-	-	0,70	0,85	0,95	1,05
	С выверкой	0,1	1000	-	-	0,95	1,15	1,30	1,40

Таблица И.9 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки из круглого проката в патроне

Способ установки заготовки	Способ установки на длину	Длина выдвигаемого прутка до, мм	Диаметр прутка до, мм				
			5	10	20	40	50
			Вспомогательное время, мин				
В патроне с креплением ключом	По упору	25	0,12	0,14	0,18	0,22	-
		50	0,14	0,16	0,20	0,24	-
		100	0,15	0,18	0,22	0,27	-
		200	-	-	0,25	0,31	-
		300	-	-	0,27	0,33	-
	По линейке	25	0,13	0,16	0,23	0,26	-
		50	0,16	0,19	0,26	0,29	-
		100	0,19	0,23	0,28	0,32	-
		200	-	-	0,31	0,34	-
		300	-	-	0,33	0,36	-
В патроне с креплением пневматическим зажимом	По упору	50	0,06	0,08	0,10	0,13	*
		100	0,08	0,10	0,12	0,16	0,21
		200	-	-	0,15	0,22	0,26
		300	-	-	0,17	0,27	0,32
	По линейке	50	0,12	0,14	0,18	0,22	-
		100	0,14	0,16	0,20	0,25	0,30
		200	-	-	0,23	0,25	0,32
		300	-	-	0,24	0,31	0,37

Таблица И.10 - Вспомогательное время на установку и снятие заготовки в центрах

Способу установки заготовки		Способ подвода пиноли задней бабки	Масса заготовки до, кг						
			0,25	0,5	1,0	3	5	8	
			Вспомогательное время, мин						
В центрах	с надеванием хомутика	Вращением маховичка	0,21	0,23	0,26	0,31	0,37	0,44	
		Пневматическим устройством или отводной рукояткой	0,18	0,20	0,23	0,26	0,33	0,41	
		Звездочкой	0,26	0,28	0,31	0,36	0,45	0,55	
	без надевания хомутика	Вращением маховичка	0,13	0,14	0,16	0,19	0,23	0,28	
		Пневматическим устройством или отводной рукояткой	0,10	0,12	0,13	0,16	0,19	0,23	
		Звездочкой	0,18	0,20	0,22	0,25	0,29	0,34	
	В центрах с самозажимным поводковым патроном	Вращением маховичка		-	-	0,22	0,26	0,28	0,32
		Пневматическим устройством		-	-	0,19	0,22	0,24	0,28
В центрах с самозажимным хомутиком	Вращением маховичка		-	-	0,24	0,28	0,31	0,36	
	Пневматическим устройством		-	-	0,21	0,25	0,27	0,30	
В центрах и неподвижном люнете	с надеванием хомутика	Вращением маховичка	0,38	0,42	0,47	0,55	0,60	0,65	
		Пневматическим устройством	0,35	0,39	0,43	0,50	0,55	0,60	
	без надевания хомутика	Вращением маховичка	0,32	0,34	0,36	0,40	0,43	0,49	
		Пневматическим устройством	0,29	0,31	0,33	0,36	0,39	0,44	

Таблица И.11 - Вспомогательное время на установку и снятие прутковой заготовки в цанговом патроне

Способ закрепления заготовки	Длина выдвигаемого прутка до, мм	Диаметр прутка до, мм				
		5	10	20	40	50
		Время, мин				
рукояткой рычага	25	0,07	0,08	0,10	0,17	0,21
	50	0,08	0,10	0,13	0,19	0,22
	100	0,10	0,13	0,16	0,21	0,25
	200	-	-	0,20	0,27	0,29
	300	-	-	0,24	0,33	0,36
пневматическим зажимом	25	0,04	0,06	0,09	0,12	0,14
	50	0,05	0,08	0,11	0,15	0,17
	100	0,07	0,09	0,13	0,18	0,19
	200	-	-	0,16	0,22	0,25
	300	-	-	0,18	0,25	0,28
ключом	25	0,10	0,12	0,15	0,18	-
	50	0,12	0,14	0,18	0,22	-
	100	0,14	0,17	0,21	0,26	-
	200	-	-	0,25	0,31	-
	300	-	-	0,28	0,34	-
При установке с поджатием центром добавлять			0,06	0,1	0,12	

Таблица И.12 - Вспомогательное время на установку и снятие штучной заготовки в цанговом патроне

Способ закрепления заготовки		Масса заготовки до, кг								
		0,03	0,05	0,08	0,25	0,5	1,0	3	5	8
		Время, мин								
С креплением	рукояткой рычага	0,10	0,09	0,08	0,10	0,11	0,13	0,16	-	-
	пневматическим зажимом	-	-	-	0,09	0,11	0,12	0,15	-	-
	ключом	-	-	-	0,14	0,17	0,20	0,25	-	-
	маховичком через шпиндель	0,13	0,12	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	-	-
С поджатием центром и креплением	рукояткой рычага	-	-	-	-	-	-	0,26	0,30	0,35
	пневматическим зажимом	-	-	-	-	-	-	0,24	0,28	0,33
	ключом	-	-	-	-	-	-	0,36	0,43	0,50
	маховичком через шпиндель	-	-	-	-	-	-	0,28	0,32	0,38

Таблица И.13 – Вспомогательное время на установку и снятие заготовок в специальных приспособлениях

Основные установочные элементы приспособления	Установочная плоскость	Тип приспособления	Масса заготовки до, кг						
			0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	3	8
			Время, мин						
Плоскость, призма	Горизонтальная	Открытый	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,14
		Закрытый	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15
	Вертикальная	Открытый	0,07	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15
		Закрытый	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,14	0,16
Палец, отверстие	Горизонтальная	Открытый	0,07	0,06	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15
		Закрытый	0,08	0,07	0,09	0,10	0,11	0,14	0,16
	Вертикальная	Открытый	0,08	0,07	0,09	0,10	0,11	0,14	0,16
		Закрытый	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,15	0,18
Два выдвижных или утопающих пальца	Горизонтальная	Открытый	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18
		Закрытый	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20
	Вертикальная	Открытый	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20
		Закрытый	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,17	0,21
При установке заготовок в многоместном приспособлении на каждую последующую заготовку добавлять при базировании на:		плоскость, призму	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11
		палец, отверстие	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
		два пальца	0,06	0,06	0,07	0,09	0,10	0,13	0,15
Примечание - К закрытому типу приспособлений относятся приспособления, в которые заготовки необходимо устанавливать сбоку (кондукторы)									

Таблица И.14 – Вспомогательное время на контрольные измерения

Измерительный инструмент	Точность измерения, мкм	Размер до, мм			
		25	50	100	200
		Время, мин			
Линейка измерительная металлическая	-	0,05	0,06	0,07	0,08
Штангенглубиномер	0,1	0,10	0,11	0,12	0,13
	0,05	0,14	0,16	0,17	0,19
Микрометр гладкий	0,01	0,15	0,18	0,22	0,26
Штангенциркуль	0,1	0,08	0,10	0,11	0,13
	0,05	0,16	0,18	0,21	0,26
Калибр-скоба	7-9 квалитет	0,06	0,08	0,12	0,14
Калибр-пробка	7-9 квалитет	0,07	0,09	0,13	0,15

Таблица И.15 – Время на обслуживание рабочего места и дополнительное время на отдых и личные надобности

Тип и характеристика станков			Процент от оперативного
Токарные патронно-центровые	Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной до, мм	250	7
		420	8
		630	9
		1000	10
		2000	11
Токарно-револьверные	Наибольший диаметр обрабатываемого прутка до, мм	25	6
		65	7
		100	8
Сверлильные	Наибольший диаметр сверления до, мм	12	7
		25	7
		50	8
		100	9
Фрезерные	Длина стола до, мм	750	8
		1200	8
		2000	9
		3000	10
Круглошлифовальные	Наибольший диаметр устанавливаемого изделия до, мм	200	8
		360	9
		560	10

Таблица И.16 – Подготовительно-заключительное время для различных станков

Токарные станки			
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемый над станиной, мм			
250	400	630	1000
Подготовительно-заключительное время, мин			
23	27	29	33
Сверлильные станки			
Наибольший диаметр сверления, мм			
18	25	40	50
Подготовительно-заключительное время, мин			
19	21	23	24
Фрезерные станки			
Длина стола, мм			
630	1250	2500	4000
Подготовительно-заключительное время, мин			
22	24	25	26
Шлифовальные станки			
Наибольший диаметр изделия, мм			
160	200	250	300
Подготовительно-заключительное время, мин			
24	26	29	31