

Министерство образования Российской Федерации  
Уральский государственный профессионально-педагогический  
университет  
Уральское отделение Российской академии образования  
Академия профессионального образования

Т. А. Козлова

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Учебное пособие

Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по профессионально-педагогическому образованию в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных заведений

Екатеринбург  
2001

УДК 621.(075)

ББК 34.5.я7

К 59

**Козлова Т. А.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.

ISBN 5-8050-0083-0

В учебном пособии освещены основные вопросы проектирования технологических процессов механической обработки деталей и представлены тематика, состав, объем, структурное построение и правила оформления проекта. Пособие подготовлено с учетом новых стандартов ЕСТПП, ЕСКД и ЕСТД.

Данное пособие предназначается для студентов машиностроительных специальностей и специализаций, а также может быть полезным для студентов других специальностей, изучающих технологию машиностроения.

Рецензенты: доцент, кандидат технических наук И. С. Корнев (Уральский государственный профессионально-педагогический университет); профессор, доктор технических наук Ю. С. Шарин (Уральский государственный технический университет)

ISBN 5-8050-0083-0

©Уральский государственный  
профессионально-педагогический  
университет, 2001

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	5
<b>1. Содержание и организация курсового проектирования.....</b>	<b>6</b>
1.1. Цель и задачи курсового проектирования .....	6
1.2. Тема, состав и объем курсового проекта .....	6
1.3. Применение ЭВМ и элементов САПР для решения технологических задач в курсовом проекте .....	7
1.4. Организация курсового проектирования .....	8
<b>2. Общие правила оформления курсового проекта.....</b>	<b>10</b>
2.1. Оформление пояснительной записки .....	10
2.2. Оформление графической части проекта.....	13
2.2.1. Рабочие чертежи детали и заготовки .....	13
2.2.2. Сборочный чертеж приспособления .....	15
2.2.3. Технологические операционные эскизы .....	16
2.3. Оформление технологической документации .....	18
2.3.1. Порядок заполнения маршрутной карты (форма 1, 1а, 1б ГОСТ 3.1118–82).....	19
2.3.2. Порядок заполнения операционной карты (форма 2, 2а, 3 ГОСТ 3.1404–86).....	20
<b>3. Проектирование технологического процесса механической обработки детали в курсовом проекте .....</b>	<b>23</b>
3.1. Введение и задачи проекта .....	25
3.2. Исходная информация для разработки курсового проекта.....	26
3.2.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	27
3.2.2. Анализ технологичности конструкции детали .....	28
3.2.3. Определение типа производства .....	30
3.3. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса .....	36
3.4. Разработка технологического процесса обработки детали .....	38
3.4.1. Выбор типового технологического процесса .....	39
3.4.2. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	40
3.4.3. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления .....	42
3.4.4. Экономическое обоснование выбора заготовки .....	61
3.4.5. Выбор технологических баз.....	66
3.4.6. Выбор методов обработки поверхностей заготовок.....	70
3.4.7. Составление технологического маршрута обработки детали.....	71
3.4.8. Экономическое обоснование выбора варианта технологического маршрута обработки детали.....	74
3.4.9. Выбор средств технологического оснащения.....	77

3.4.10. Разработка технологических операций обработки детали...	80
3.5. Технологические расчеты .....	82
3.5.1. Расчет припусков .....	83
3.5.2. Расчет точности механической обработки.....	89
3.5.3. Расчет технологических размерных цепей .....	90
3.5.4. Расчет режимов резания.....	95
3.5.5. Расчет технических норм времени .....	99
<b>4. Проектирование приспособления.....</b>	<b>105</b>
4.1. Разработка технического задания.....	105
4.2. Расчет и проектирование станочного зажимного приспособления.....	106
<b>5. Типовые маршруты обработки деталей различных классов .....</b>	<b>111</b>
5.1. Валы .....	111
5.1.1. Основные технологические задачи .....	111
5.1.2. Материал и заготовки для валов.....	112
5.1.3. Основные схемы базирования .....	113
5.1.4. Маршрутный технологический процесс обработки вала.....	114
5.2. Втулки .....	115
5.2.1. Основные технологические задачи .....	116
5.2.2. Материалы и заготовки для втулок .....	117
5.2.3. Основные схемы базирования .....	118
5.2.4. Технологический маршрут обработки втулки .....	118
5.3. Корпусные детали .....	121
5.3.1. Основные технологические задачи .....	121
5.3.2. Материал и заготовки для корпусных деталей .....	124
5.3.3. Основные схемы базирования .....	124
5.3.4. Маршрутный технологический процесс обработки корпусной детали .....	125
5.4. Рычаги .....	127
5.4.1. Основные технологические задачи .....	127
5.4.2. Материалы и заготовки для рычагов.....	129
5.4.3. Основные схемы базирования .....	130
5.4.4. Маршрутный технологический процесс обработки рычага .....	131
5.5. Зубчатые колеса.....	132
5.5.1. Основные технологические задачи .....	133
5.5.2. Материал и заготовки.....	135
5.5.3. Основные схемы базирования .....	136
5.5.4. Маршрутный технологический процесс обработки зубчатого колеса.....	136
<b>6. Заключение.....</b>	<b>140</b>
Литература.....	141

## Предисловие

В учебном процессе профессионально-педагогического университета значительное место отводится самостоятельной работе студентов старших курсов, такой, как курсовое проектирование по технологии машиностроения на машиностроительном факультете.

Курсовой проект по технологии машиностроения является завершающим в системе подготовки специалистов профессионального обучения машиностроительного направления.

Курсовое проектирование закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные студентами во время изучения общетехнических, общетехнических и специальных дисциплин. Курсовое проектирование должно научить студента пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, умело применять на практике полученные теоретические знания, а также подготовиться к дипломному проектированию.

При курсовом проектировании особое внимание уделяется самостоятельной работе студента с целью развития его инициативы в решении технических задач, а также навыков детального творческого анализа существующих технологических процессов. Принятие решений по выбору вариантов технологических процессов, оборудования, оснастки, методов получения заготовок производится на основании технико-экономических расчетов.

В учебном пособии приводится методика проектирования технологических процессов механической обработки детали, а также излагаются вопросы проектирования технологической оснастки (приспособления). Кроме того, даны примеры типовых технологических процессов обработки наиболее распространенных классов деталей машин. Пособие содержит методические указания по оформлению графической части проекта и пояснительной записки (ПЗ), а также примеры оформления технологических карт и другой технологической документации в соответствии с действующими стандартами.

В учебном пособии представлен большой объем справочных данных, необходимых для разработки технологии и выполнения технологических расчетов, что значительно облегчит работу над курсовым проектом. Много внимания уделено ГОСТам. Издание данного пособия будет способствовать более качественному выполнению курсового проекта.

# **1. СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

## **1.1. Цель и задачи курсового проектирования**

Основная цель курсового проекта заключается в приобретении студентами практических навыков по разработке технологических процессов, техническому нормированию различных операций, проектированию технологических наладок станков и освоению методики экономической оценки принятых технологических решений.

В соответствии с этим в процессе курсового проектирования по технологии машиностроения решаются следующие задачи:

- расширение, углубление, систематизация и закрепление теоретических знаний студентов;
- применение приобретенных знаний при проектировании технологических процессов изготовления деталей;
- развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы.

Курсовые проекты по технологии машиностроения должны быть реальными, т. е. содержать технологические и конструкторские разработки, имеющие практическую ценность.

## **1.2. Тема, состав и объем курсового проекта**

Темы курсовых проектов подбирает и формулирует выпускающая кафедра с учетом возможностей и перспектив развития предприятий – баз технологической практики, а также на основе тематики и планов научно-исследовательских работ выпускающей и смежных кафедр. Тематика курсовых проектов может обновляться ежегодно.

Как правило, в типовом курсовом проекте студент разрабатывает единичный технологический процесс изготовления детали.

Темой курсового проекта может быть:

- проектирование технологического процесса механической обработки заданной детали;
- повышение технологического уровня изготовления детали по сравнению с существующим на производстве.

Тема курсового проекта может быть связана с темой дипломного проекта.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, графических материалов и альбома технологической документации.

Пояснительная записка является основным документом курсового проекта, в котором приводится информация о выполненных расчетах, технических и организационно-экономических разработках и обоснованиях. Объем ПЗ примерно составляет 40–60 страниц рукописного текста или, соответственно, 30–50 страниц машинописного или напечатанного с помощью компьютера текста. Содержание ПЗ должно соответствовать полученному заданию. Пример задания приведен в прил. 1.

Общий объем графической части составляет 4–5 листов формата А1.

Графический материал курсового проекта включает:

- рабочий чертеж детали – 1 лист;
- рабочий чертеж заготовки – 1 лист;
- технологические операционные эскизы – 1–2 листа;
- сборочный чертеж зажимного или контрольного приспособления – 1 лист.

Альбом технологической документации состоит из титульного листа (ТЛ) и комплекта маршрутных карт (МК), операционных карт (ОК) и карт эскизов (КЭ), которые должны быть заполнены черными чернилами или пастой на соответствующих бланках.

### **1.3. Применение ЭВМ и элементов САПР для решения технологических задач в курсовом проекте**

Курсовое проектирование предоставляет самые благоприятные возможности для приобщения студентов к решению инженерно-технических задач с помощью вычислительной техники (ЭВМ) и элементов систем автоматизации проектирования САПР. Применение ЭВМ становится обязательным элементом курсового проектирования, что позволяет уменьшить трудоемкость выполнения расчетной части проектов и повысить качество конструкторско-технологических разработок.

При выполнении курсового проекта по технологии машиностроения с помощью ЭВМ можно решать задачи, не требующие специальной подготовки студентов и навыков программирования (например, расчет припусков на заготовку; расчет режимов резания на обработку; техническое нормирование операций; расчет размерных цепей; расчет на прочность и жесткость технологической оснастки и т. д.).

Использовать элементы САПР целесообразно при подготовке управляющих программ для станков с ЧПУ, при выборе компоновок и конструировании приспособлений, а также для получения маршрутных и операционных карт оптимального варианта технологического процесса.

#### **1.4. Организация курсового проектирования**

Студентам дневного отделения выдается задание на курсовое проектирование по технологии машиностроения в начале того семестра, в котором учебным планом предусмотрено выполнение курсового проекта; студентам заочного отделения подобное задание выдается на соответствующих установочных занятиях.

Задание на курсовое проектирование оформляется на бланке (см. прил. 1). В нем указываются вопросы, подлежащие разработке в курсовом проекте, а также годовая программа выпуска деталей. Задание подписывают преподаватель – руководитель проекта и студент.

Материал (чертежи детали, заготовки и описание заводского технологического процесса) для курсового проекта студенты дневного обучения собирают в период технологической практики на базовых машиностроительных предприятиях. Во время практики студенты подробно изучают заводской технологический процесс обработки одной определенной детали, анализируют его, выявляют "узкие места" и, кроме того, знакомятся с организацией и экономикой производства. Результаты работы должны быть отражены в курсовом проекте – в соответствующих разделах.

Деталь, подбираемая для курсового проекта, по возможности должна иметь точные сопряженные поверхности различного вида (плоские, цилиндрические, фасонные и др.). Это могут быть корпусная деталь, ступенчатый вал, вал-шестерня, зубчатое коле-

со и тому подобные детали, требующие для обработки 8–12 разнотипных операций.

В отдельных случаях используются чертежи деталей для курсового проектирования из альбома чертежей, имеющегося на кафедре.

Курсовой проект студенты выполняют самостоятельно, консультируясь в процессе работы с руководителем и преподавателями кафедры.

Руководитель подписывает титульный лист окончательно оформленной ПЗ и завершённые чертежи проекта.

Самостоятельная работа студента над курсовым проектом организуется в соответствии с составленным графиком проектирования, где указываются сроки выполнения отдельных этапов. Текущий контроль за ходом выполнения курсового проектирования осуществляет преподаватель – руководитель проекта.

Выполненный курсовой проект студенты всех форм обучения защищают перед комиссией из 2–3 человек, назначенной кафедрой, при участии преподавателя – руководителя проекта и в присутствии студентов.

Для изложения содержания проекта студенту предоставляется 8–10 минут. При этом студент должен осветить основные вопросы, в том числе:

- указать служебное назначение детали;
- изложить предъявляемые технические требования;
- охарактеризовать технологическое обеспечение;
- обосновать выбор заготовки;
- оценить технологичность конструкции детали;
- сформулировать принципы построения технологического процесса;
- описать работу и конструкцию приспособления.

Необходимо четко выделить все то новое, что предложено самим студентом, остановиться на техническом и экономическом обосновании принятых в проекте решений.

По окончании доклада студенту задают вопросы по содержанию проекта. После ответов на вопросы комиссия определяет оценку курсового проекта.

## **2. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен разрабатываться и оформляться в строгом соответствии с Единой системой конструкторской документации и Единой системой технологической документации (ЕСКД и ЕСТД).

Курсовому проекту присваивается шифр (обозначение), который состоит из аббревиатуры КП (курсовой проект), номера специализации (030508), порядкового номера, присваемого фамилии студента в журнале преподавателя – руководителя курсового проекта (01, 02, ..., 25). На титульном листе и основных надписях ПЗ проставляется этот же шифр (пример полной записи шифра: КП030508.01.). В обозначение каждого листа чертежей добавляется также его порядковый номер, например, КП030508.01.1.

### **2.1. Оформление пояснительной записки**

Как уже упоминалось, основным документом курсового проекта является ПЗ, в которой приводятся описание технических разработок, экономические обоснования и расчеты.

Пояснительная записка курсового проекта оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105–79 и ГОСТ 7.32–81 на листах формата А4 с рамками и основной надписью по ГОСТ 2.106–68.

В пояснительной записке материал должен быть изложен в логической последовательности, достаточно убедительно и аргументированно, с необходимыми иллюстрациями (схемы, таблицы, графики) и расчетами. Текст следует оформлять на одной стороне листа формата А4 (210×297 мм).

Титульный лист ПЗ оформляется как показано в прил. 2 и выполняется заодно с обложкой на чертежной бумаге или на отдельном листе А4. Надписи на титульном листе выполняются черной тушью, чернилами чертежным шрифтом или на компьютере.

Текст ПЗ делится на разделы, подразделы и пункты с соответствующей нумерацией.

Нумерация страниц ПЗ должна быть сплошной: на первой странице располагается титульный лист, на второй – "Задание на

курсовой проект", на третьей – "Содержание" и т.д. На титульном листе и на следующей странице номер не проставляется; следовательно, нумерация страниц начинается с третьей страницы. Приложения и "Список литературы" также включаются в сквозную нумерацию страниц.

Все рисунки, таблицы и формулы в ПЗ должны иметь нумерацию, состоящую из номера раздела и порядкового номера. Порядковый номер формулы обозначается арабской цифрой в круглых скобках. После формулы дается расшифровка величин, входящих в формулу, их размерность и наименование.

Иллюстрации (таблицы, схемы, графики) должны иметь, помимо номера, наименование и поясняющие данные.

Ссылки в тексте ПЗ на литературные источники обозначают порядковым номером по списку источников, заключенным в квадратные скобки.

Пояснительная записка должна иметь следующее структурное построение:

- Титульный лист (см. прил. 2).
- Задание (бланк) на курсовой проект (см. прил. 1).
- Содержание.
- Введение и задачи проекта.
- 1. Исходная информация для разработки курсового проекта.

та.

1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.

1.2. Анализ технологичности конструкции детали.

1.3. Определение типа производства.

• 2. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.

• 3. Разработка технологического процесса обработки детали.

3.1. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.

3.2. Выбор типового технологического процесса.

3.3. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.

3.4. Экономическое обоснование выбора заготовки.

3.5. Выбор технологических баз.

3.6. Выбор методов обработки поверхностей заготовок.

3.7. Разработка технологического маршрута обработки детали.

3.8. Экономическое обоснование выбора варианта технологического маршрута обработки детали.

3.9. Выбор средств технологического оснащения.

3.10. Разработка технологических операций обработки детали.

- 4. Технологические расчеты.

- 4.1. Расчет припусков.

- 4.2. Расчет точности обработки.

- 4.3. Расчет технологических размерных цепей.

- 4.4. Расчет режимов резания.

- 4.5. Расчет технических норм времени.

- 5. Расчет и проектирование станочного зажимного приспособления.

- Заключение.

- Список литературы.

- Приложения.

Во всех материалах курсового проекта должен соблюдаться ГОСТ 8.417–81, который регламентирует единицы физических величин, правила их написания и обозначения.

В ПЗ обязателен "Список литературы", который должен включать все использованные источники в порядке следования ссылок в тексте; он оформляется с соблюдением требований ГОСТ 7.1–84.

Приложения располагаются в конце ПЗ и даются в порядке следования ссылок на данные приложения в тексте. Каждое приложение начинают с новой страницы с указанием в правом верхнем углу слова "Приложение" с соответствующей сквозной нумерацией (например: "Приложение 1; "Приложение 2" и т. д.).

Стандартная технологическая документация оформляется в виде отдельного альбома, на титульном листе (ТЛ) которого делают такую же надпись, как и на титульном листе ПЗ, добавив слово "Приложения". Альбом размещается в конце приложений и сброшюровывается вместе с ПЗ в одно целое.

## **2.2. Оформление графической части проекта**

Графическая часть проекта состоит из чертежей детали и заготовки, сборочного чертежа приспособления, демонстрационных плакатов с технологическими эскизами. Все чертежи выполняются по общим правилам ЕСКД черным карандашом (разрешается тушью). Допускается выполнение чертежей на графопроекторе. Толщина сплошной основной линии должна быть в пределах 1–1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Цифры, буквы и знаки должны быть отчетливы и соответствовать требованиям ГОСТ 2.304–81.

Чертежи выполняются на листах чертежной бумаги формата А1 (594×841). Рекомендуется масштаб чертежей 1:1, так как он дает наглядное представление о действительных размерах элементов конструкции. Применение других масштабов и форматов чертежей в каждом конкретном случае решается студентом совместно с руководителем курсового проекта.

### ***2.2.1. Рабочие чертежи детали и заготовки***

Рабочие чертежи детали и заготовки делают отдельно. В индивидуальных случаях по согласованию с руководителем допускается совмещать чертеж отливки с чертежом детали (ГОСТ 2.423–73). Количество изображений (виды, разрезы, сечения) на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о предмете.

Чертежи детали и заготовки должны содержать технические требования и другие данные, необходимые для их изготовления и контроля, в соответствии с требованиями ЕСКД (ГОСТ 2.107–68; ГОСТ 2.109–68; ГОСТ 2.301–68; ГОСТ 2.307–2.310–68; ГОСТ 2.316–68 и др.). При этом указываются технические требования, предъявляемые к материалу детали, термической обработке, качеству поверхностей, а также размеры, предельные отклонения и др. Порядок внесения технических требований в чертеж регламентируется ГОСТ 2.316–68.

Для заготовок (поковка, штамповка, отливка) указываются термообработка и твердость, допускаемая величина остатков заусенцев, способ очистки поверхности, глубина внешних дефектов, дефекты формы и другие пространственные погрешности, принятые при расчете припусков на механическую обработку.

В случае, когда чертежи детали и заготовки совмещены, технические требования пишутся отдельно.

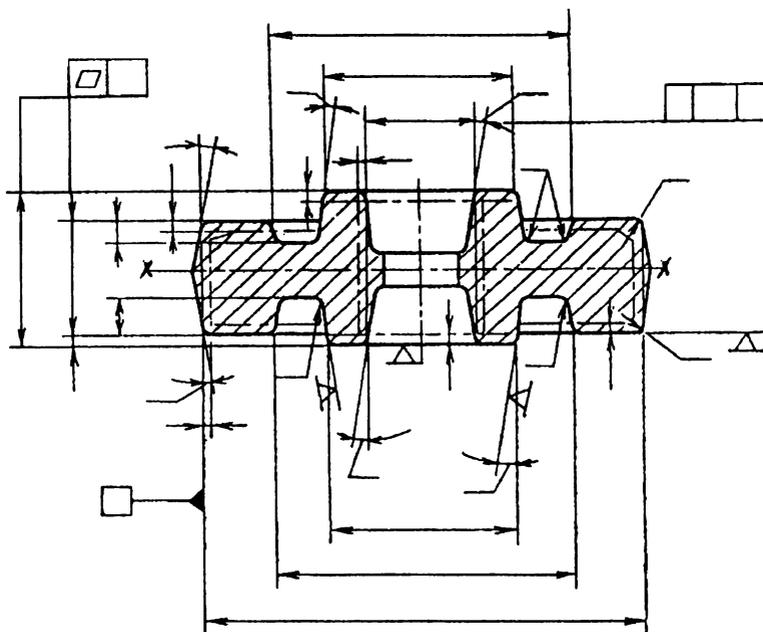
Чертеж заготовки разрабатывается на основании чертежа готовой детали с учетом припусков, допусков и напусков в том же масштабе, в котором изображена деталь, в соответствии с ГОСТ 7505–89; ГОСТ 7829–70; ГОСТ 7062–90; ГОСТ 26645–85, ГОСТ 3.1126–88; ГОСТ 2.423–73.

Контур заготовки вычерчивают сплошными контурными линиями по номинальным размерам. Готовую деталь на чертеже заготовки наносят тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками (ГОСТ 3.1126–88), давая лишь необходимые ее контуры, наглядно показывающие наличие припусков на обработку. Числовые значения припусков также дают на чертеже. Допускается также вносить под размерами заготовки размеры детали в круглых скобках. На чертеже заготовки должны быть даны технологические (исходные) базы, используемые при первой операции механической обработки.

В технических требованиях на заготовку в зависимости от способа ее изготовления должны быть указаны требования, установленные в соответствующих стандартах.

В графе основной надписи чертежа (в штампе) заготовки под наименованием детали следует писать: "...поковка..." или "...отливка...". В случае совмещенного выполнения чертежей детали и заготовки контур детали вычерчивается сплошными основными линиями, а припуски – сплошными тонкими линиями. Пример графического выполнения поковки шестерни приведен на рисунке.

Расположение плоскости разъема штампа следует изображать тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах значками "х–"; "–х".



Пример графического выполнения поковки шестерни

### 2.2.2. Сборочный чертеж приспособления

Сборочный чертеж приспособления (зажимного или контрольного) должен содержать изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу, а также необходимые размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному чертежу. Все составные части сборочной единицы должны быть пронумерованы, вынесены в позиции и включены в спецификацию, которая выполняется на отдельном бланке по ГОСТ 2.108–68 и помещается в раздел приложений ПЗ.

Сборочный чертеж должен содержать необходимые технические требования (ГОСТ 2.316–68) и оформляется в полном соответствии с рекомендациями ЕСКД.

Приспособления, как правило, изображают в масштабе 1:1.

На чертеже общего вида приспособления должны быть изображены контуры обрабатываемой заготовки и режущего инструмента (тонкой линией или пунктиром).

### 2.2.3. Технологические операционные эскизы

В курсовом проекте для наглядности часть технологических операций и переходов (8–10) изображается на 1–2-х листах чертежной бумаги форматом А1 (на плакатах). На этих демонстрационных картах приводятся основные, наиболее интересные и оригинальные операции технологического процесса, а также те операции, в которые внесены изменения по сравнению с базовым вариантом. Каждый эскиз на такой карте сопровождается номером и описанием содержания операции или перехода, которое дается над ним и в дополнительной таблице, располагаемой под ним (приводится ниже).

Таблица к операционному эскизу

Наименование и модель станка	t, мм	S, мм/об. (мм/мин)	n, об/мин	V, м/мин	T <sub>о</sub> , мин	T <sub>шт</sub> , мин

При многоинструментальной обработке в таблицу вносятся только данные лимитирующего инструмента.

На картах эскизов деталь показывается обязательно в том положении, в каком она проходит указанную в этом документе обработку, в том виде и с теми размерами, которые она приобретает после ее окончания. Указывается все, что необходимо для выполнения данной технологической операции или перехода: технологические базы, места, направления и виды зажимов, номера обрабатываемых поверхностей, размеры с предельными отклонениями, шероховатость поверхностей и технические требования (для чистовых операций). На плакатах для наглядности приводится упрощенное изображение режущих инструментов в крайнем положении, соответствующем концу обработки. При многоинструментальной обработке на операционном эскизе должны быть показаны все режущие инструменты в упрощенном изображении – в том расположении относительно друг друга и обрабатываемой детали, в каком они находятся в конечный мо-

мент резания. На эскизах также указываются стрелками движения инструмента и детали.

Пример выполнения технологических операционных эскизов на плакате представлен в прил. 3. Эскизы технологических операций, не поместившиеся на плакате, изображаются на КЭ в альбоме технологической документации, которые составляются по ГОСТ 3.1105–84, формам 7, 7а. Разрабатываются они для операций и переходов. На них выполняются эскизы, схемы и таблицы, поясняющие содержание операций. На одной карте можно изображать несколько эскизов к различным последовательно выполненным операциям с указанием их номеров в соответствующей графе основной надписи.

На этих КЭ режущие инструменты показывают только в случае многоинструментальной обработки; содержание операций (переходов) и таблица к операционному эскизу (см. таблицу) не приводятся.

Если для обработки какой-либо поверхности применяют несколько последовательно работающих инструментов (сверло, зенкер, развертка), то они изображаются в ряд последовательно. Для агрегатных станков на операционном эскизе приводится один эскиз с последовательным изображением режущих инструментов, применяемых на каждой позиции; при этом номера позиций обозначаются римскими цифрами.

Если операция состоит из нескольких установов, то эскиз выполняется на каждый установ.

Таблицы, схемы и технические требования размещают на свободном поле карты эскизов справа от изображения или под ним. Технические требования на КЭ излагают по ГОСТ 2.316–68, знаки базирования и зажимных усилий (обозначение опор и зажимов) наносятся по ГОСТ 3.1107–81 (прил. 4, 5). На операционные эскизы масштабы не устанавливаются, но следует примерно соблюдать пропорции детали. Необходимое количество изображений (виды, разрезы, сечения и выносные элементы) на операционном эскизе устанавливается из условия обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей.

Обрабатываемые поверхности следует обводить сплошной жирной линией толщиной 2–3 S (S–толщина линии по ГОСТ 2.303–68. На графических листах (плакатах) для большей

наглядности обрабатываемые поверхности разрешается обводить красным цветом, а режущий инструмент – синим.

На операционных эскизах все размеры обрабатываемых поверхностей и выдерживаемые технические требования условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера проставляют в окружность диаметром 6–8 мм и соединяют с размерной линией. При этом размеры и предельные отклонения обрабатываемой поверхности в содержании операции (перехода) не указываются, например: "Развернуть отверстие 1", "Подрезать торец 2". Нумерация производится по часовой стрелке, начиная с левой стороны. Для каждого эскиза применяется своя нумерация. Пример заполнения КЭ приведен в прил. 6.

### **2.3. Оформление технологической документации**

После разработки технологического процесса изготовления детали оформляют технологическую документацию в соответствии с требованиями ЕСТД на бланках соответствующих форм в виде альбома, включающего:

- титульный лист (ГОСТ 3.1105–84, форма 2);
- маршрутную карту (ГОСТ 3.1118–82, форма 1, 1а, 1б);
- операционные карты механической обработки (ГОСТ 3.1404–86, формы 2, 2а, 3);
- карты эскизов (ГОСТ 3.1105–84, формы 7, 7а).

Комплект форм технологических карт представлен в прил. 6–10.

Студенты заочного отделения могут использовать бланки форм ЕСТД технологической службы того предприятия, на котором они работают.

Маршрутная карта – документ, содержащий описание технологического процесса изготовления изделия, включая контроль и перемещение по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах. Форма и правила оформления МК установлены ГОСТ 3.1118–82 (формы 1, 1а, 1б).

Операционная карта – описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения. ОК оформляется в соответствии

с ГОСТ 3.1404–86 (формы 2, 2а, 3). Операционные карты заполняются на все операции механической обработки.

Эскиз детали с заданными конструкторскими размерами, техническими требованиями и нумерацией обрабатываемых поверхностей и эскиз заготовки можно совместить; эскизы детали и заготовки с размерами и допусками для тех поверхностей, на которые назначены припуски на механическую обработку, вычерчиваются на картах эскизов и подшиваются в альбом технологической документации после титульного листа (см. прил. 7).

Операционные эскизы (кроме изображенных на плакатах) вычерчиваются на картах эскизов по ГОСТ 3.1104–3.1105–86. Порядок и правила оформления КЭ для операций техпроцесса представлены в п. 2.2.3. При заполнении ОК по форме 3 выполнение КЭ не требуется.

Все примеры заполнения технологических карт даны без присвоения кодов по технологическому классификатору и классификатору ЕСКД. Выполнение требований по классификации и кодированию деталей и технологического процесса не является обязательным.

### ***2.3.1. Порядок заполнения маршрутной карты (форма 1, 1а, 1б ГОСТ 3.1118–82)***

В заголовке маршрутной карты указывается наименование детали (см. прил. 8). В строке МО1 заголовка – наименование, сортament, марка и ГОСТ материала. В строке МО2 – код единицы величины (массы, длины и т. д.) детали, заготовки (ЕВ); масса детали по конструкторскому документу (МД); единица нормирования расхода материала (1, 10, 100) (ЕН); нормы расхода материала ( $H_{\text{расх.}}$ ); коэффициент использования (КИМ); код (или вид) заготовки по классификатору; профиль и размеры исходной заготовки; количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки (КД); масса заготовки (МЗ).

На поле МК в строках А (03, 08 и др.) указываются номер операции, ее наименование и номер инструкции по охране труда.

В строки Б (04, 09 и др.) заносятся следующие сведения: наименование и модель оборудования; степень механизации (СМ); код профессии; разряд работы (Р); код условий труда (УТ); количество исполнителей (КР), занятых при выполнении операции;

количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей (КОИД); единица нормирования (ЕН) (см. строку МО2); объем партии заготовок (ОП); коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании (Кшт); норма подготовительно-заключительного времени ( $T_{пз}$ ) и норма штучного времени на операцию ( $T_{шт}$ ).

В строках О (05, 10 и др.) указывается содержание операции.

В строки Т (0,6, 12 и др.) заносится информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастки.

Пример заполнения МК приведен в прил. 8. При необходимости продолжения карты на следующем бланке используют форму 1а (оборотная сторона) или 1б (последующий лист) ГОСТ 3.1118–82.

### ***2.3.2. Порядок заполнения операционной карты (форма 2, 2а, 3 ГОСТ 3.1404–86)***

В заголовке операционной карты указываются: наименование детали и операции; в краткой форме записи – наименование и марка материала детали; твердость материала заготовки; код единицы величины (массы, длины и т. п.) детали, заготовки (ЕВ); масса детали по конструкторскому документу (МД); профиль и размеры исходной заготовки; масса заготовки (МЗ); количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей (КОИД); оборудование; обозначение программы для станков с ЧПУ; норма основного времени  $T_o$ ; норма вспомогательного времени  $T_b$ ; норма подготовительно-заключительного времени  $T_{пз}$ ; норма штучного времени на операцию  $T_{шт}$ , информация о применяемой СОЖ.

На поле ОК в строке Р указываются: номер позиции инструментальной наладки (ПИ) для станков с ЧПУ; расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали с учетом врезания и перебега (Д или В); расчетный размер длины рабочего хода

с учетом врезания и перебега (L); глубина резания (t); число переходов (i); подача (S) мм/об; число оборотов шпинделя (n) в мин; скорость резания (V) м/мин.

Далее заполняются строки содержания переходов.

В строке O даются номер и наименование перехода (включая установку и снятие заготовки); номер обрабатываемой поверхности (или выдерживаемый размер). Запись информации следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки и переходить по необходимости на следующие строки.

Строка T заполняется вне связи с графами; здесь указываются наименование, обозначение, характеристика и ГОСТ применяемого вспомогательного приспособления, режущего и мерительного инструмента. Запись следует выполнять по всей длине строки и по мере заполнения использовать последующие строки.

Строка P заполняется для каждого перехода с указанием основных параметров режима обработки поверхностей, перечисленных в строке O, в том числе ПИ, Д или В, L, t, i, S, n, V.

Далее даются сведения о следующих переходах данной операции и т. д. При необходимости продолжения карты на следующем бланке используют форму 2а (последующий лист) по ГОСТ 3.1404–86, отличающуюся уменьшенным заголовком.

Правила записи операций и переходов обработки резанием (см. прил. 11, 12) регламентированы ГОСТ 3.1702–79.

Наименование операций обработки резанием (см. прил. 12) должно отражать применяемый вид оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже (например: "Агрегатная", "Зубострогальная", "Токарно-винторезная" и т. п.).

В содержание операции (перехода) должны быть включены:

- ключевое слово (прил. 13), характеризующее метод обработки и выраженное глаголом в неопределенной форме (напри-

мер: "Точить"; "Фрезеровать"; "Сверлить"; "Нарезать"; "Расточить" и т. п.);

- наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов (прил. 14) (например: "Цилиндр" и т. п.);

- информация по размерам или их условным обозначениям;

- дополнительная информация (прил. 15), характеризующая количество одновременно или последовательно обрабатываемых поверхностей, характер обработки (например: "предварительно", "одновременно", "по копиру", "согласно чертежу (эскизу)" и т. д.).

При записи содержания операции (перехода) допускается полная или сокращенная форма записи (см. прил. 11). Полная запись содержания перехода предусматривает перечисление всех выдерживаемых размеров и выполняется при отсутствии эскизов. При сокращенной записи используется ссылка на условное обозначение обрабатываемого элемента, а необходимая размерная информация приводится в операционном эскизе. Например: "Точить канавку 8".

Описание содержания операции может иметь текстовую, рассмотренную выше, или бестекстовую запись.

Бестекстовая запись применяется при условии обязательной разработки графических иллюстраций (эскизов) к каждой операции. При бестекстовой записи содержания основного перехода следует указывать номер перехода и номера размеров обрабатываемых поверхностей с записью в скобках выполняемых размеров, например, 1.1 ( $\varnothing 30-0,24$ ); 2 ( $20 \pm 0,2$ ); 3 (1 x 45) (см. прил. 9). Для вспомогательных переходов, связанных с установкой, снятием и закреплением детали, бестекстовая запись не производится.

Примеры заполнения ОК приведены в прил. 9, 10.

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ В КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ

Предлагаемая методика выполнения курсового проекта позволит студентам выдержать единство требований в решении отдельных вопросов. Вместе с тем к работе над инженерными задачами студент должен подходить творчески и принимать самые оптимальные решения.

Учитывая сложившуюся практику, можно рекомендовать порядок проектирования технологических процессов (ТП) в виде структурной схемы, на которой представлены основные этапы проектирования; их содержание изложено ниже (рис. 3.1).

Проектирование технологических процессов составляют следующие взаимосвязанные этапы, для которых определены конкретные задачи:

Изучение исходной информации и технологическая подготовка.

Анализ исходных данных.

Разработка технологического процесса обработки детали.

Технологические расчеты.

На *первом* этапе требуется изучить исходную информацию (базовую, руководящую и справочную) и выполнить работу по технологической подготовке, цель которой – получить исходные данные для разработки технологического процесса.

Технологическая подготовка включает:

- описание служебного назначения и составление технической характеристики детали;
- анализ технологичности конструкции детали (отработка конструкции детали на технологичность);
- определение типа производства.

В завершение этапа необходимо откорректировать и оформить рабочий чертеж детали.

На *втором* этапе анализируются исходные данные и формулируются основные технологические задачи.

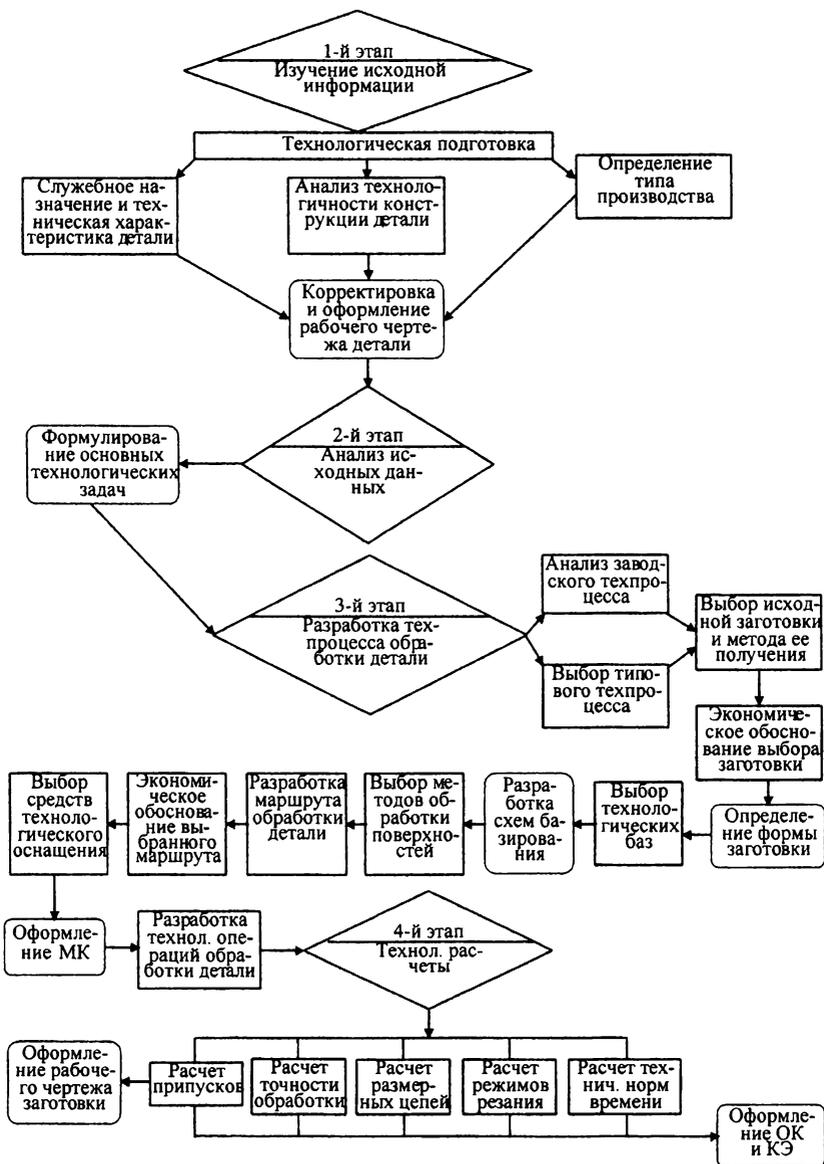


Рис. 3.1. Структурная схема этапов проектирования технологического процесса

*Третий* этап – собственно разработка технологического процесса:

- выбор исходной заготовки и экономическое обоснование;
- выбор технологических баз;
- выбор методов обработки;
- разработка технологического маршрута обработки детали и экономическое обоснование;
- разработка технологических операций обработки детали.

В процессе выполнения этого этапа определяется форма заготовки и форма МК.

На *четвертом* этапе выполняются технологические расчеты припусков, точности обработки, размерных цепей, режимов резания и технических норм времени. В заключении оформляются рабочий чертеж заготовки, разрабатываются схемы базирования, плакаты технологических эскизов, ОК и КЭ.

Порядок выполнения курсового проекта должен соответствовать построению данного раздела.

### **3.1. Введение и задачи проекта**

Во "Введении" к курсовому проекту описывают общие направления решения задач проектирования, обосновывают актуальность разрабатываемой темы, ее значение для повышения эффективности производства и формулируют основные задачи, поставленные перед студентом в рамках курсового проектирования.

Можно рекомендовать такую последовательность построения "Введения":

1. Перспективные направления развития машиностроения.
2. Состояние и прогноз развития производства на базовом предприятии.
3. Обоснование новизны и эффективности предлагаемых проектных решений.
4. Формулирование основных задач, решаемых в курсовом проекте, описание их практической значимости. Объем "Введения" не должен превышать 1–2 страниц текста.

### **3.2. Исходная информация для разработки курсового проекта**

Исходная информация для выполнения курсового проекта по технологии машиностроения подразделяется на базовую, руководящую и справочную (ГОСТ 14.301–83).

*Базовая* информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации, в чертеже детали (изделия), а также годовую программу выпуска этих деталей (исходные данные).

*Руководящая* информация включает данные, содержащиеся в стандартах, устанавливающих требования к технологическим процессам, а также в стандартах на оборудование и оснастку, в документации на действующие единичные технологические процессы, в классификаторах технико-экономической информации, производственных инструкциях, материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков и др.), в документации по охране труда.

*Справочная* информация содержит данные, имеющиеся в технологической документации опытного производства, в описаниях прогрессивных методов изготовления изделий, каталогах, паспортах, справочниках, планировках производственных участков, методических материалах. Справочная информация содержится также в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, в периодических изданиях.

Подбор и изучение руководящей и справочной информации является одной из основных задач технологической практики студентов.

В ПЗ студент приводит список источников справочной и руководящей информации, которые он использовал при выполнении курсового проекта.

На основе изучения исходной информации необходимо произвести технологическую подготовку исходных данных, необходимых для проектирования технологического процесса. Содержание технологической подготовки приведено ниже (п. 3.2.1; 3.2.2; 3.2.3).

### 3.2.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Этот раздел ПЗ начинают с описания конструкции заданной детали, ее служебного назначения. Приводят техническую характеристику детали, анализируют чертеж детали.

В случае отсутствия технических требований на чертеже детали они разрабатываются студентом в соответствии со служебным назначением детали и условиями ее изготовления.

Описание служебного назначения детали должно включать анализ функционального назначения и перечень условий, в которых она должна работать в узле или механизме. Если назначение детали неизвестно, то следует описать назначение ее как типовой детали и назначение поверхностей.

Из описания назначения и конструкции детали должно быть ясно, какие поверхности и размеры имеют основное значение в плане служебного назначения детали, а какие – второстепенное.

В технической характеристике детали должны быть указаны все технические требования, предъявляемые к детали и указанные на чертеже. Это требования к точности, качеству обрабатываемых поверхностей и другие технические указания на изготовление детали.

В этом же разделе следует привести данные о материале детали, его назначении и области применения в деталях машиностроения. Например: "Сталь 20Х ГОСТ 4543–71 легированная конструкционная применяется для деталей средних размеров с твердой износостойчивой поверхностью при достаточно прочной и вязкой сердцевине, работающей при больших скоростях и средних давлениях. Из стали 20Х рекомендуется изготавливать зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, плунжеры, копры, шлицевые валики, работающие в подшипниках скольжения, и т. д."

Необходимо также указать химический состав и механические свойства материала детали. Эти сведения даются в таблицах (табл. 3.1, 3.2).

Таблица 3.1  
Химический состав стали 45 (ГОСТ 1050–74), %

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
0,40–0,5	0,17–0,37	0,50–0,80	Не более 0,045	Не более 0,045	0,30	0,30

Таблица 3.2

Механические свойства стали 45 (ГОСТ 1050–74)

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{вр}$ , МПа	$\sigma_s$ , %	$\psi$ , %	$\alpha_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ	
					Горячекатаной	Отожженной
Не менее 360	Не менее 610	Не менее 16	40	50	Не более 241	Не более 197

Кроме того, необходимо сделать заключение о правильности выбора материала для данных условий работы детали в узле.

### 3.2.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия производится с целью повышения производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление изделия и отвечает следующим основным требованиям:

1. Конфигурация деталей и их материалы позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки (точное кокильное литье, литье под давлением, объемная штамповка и вытяжка, холодная штамповка различных видов и т. п.).

2. При конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Предусмотрена удобная и надежная технологическая база в процессе обработки.

3. Обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали.

4. Используются стандартизация и унификация деталей и их элементов.

5. Для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей.

6. Обеспечена достаточная жесткость детали.

7. Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали.

8. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

9. Учтена возможность одновременной установки нескольких деталей.

Вопросы анализа технологичности деталей различного класса (корпуса, валы, колеса зубчатые и т. д.) подробно изложены в книге П. А. Руденко [24].

С одной стороны, конструкция изделия в значительной мере определяет содержание технологического процесса, его построение (маршрут), структуру операции, применяемые методы обработки, оборудование, оснастку и инструменты. С другой – принятая технология производства предъявляет свои требования к конструкции изделия, ее технологичности.

Оценка ехнологичности конструкции детали может быть двух видов: качественной и количественной. Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали вышеуказанным требованиям.

Качественная оценка технологичности конструкции детали определяется словами "хорошо-плохо", "допустимо-недопустимо" или знаками "+", "-".

Если в курсовом проекте не анализируется заводской технологический процесс, то количественную оценку технологичности конструкции детали выполнять не требуется.

Количественную оценку технологичности конструкции детали производят по следующим показателям:

1) по коэффициенту использования материала

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{м}}}, \quad (3.1)$$

где

$M_{\text{д}}$  – масса детали по чертежу, кг;

$M_{\text{м}}$  – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг;

2) коэффициенту точности обработки детали

$$K_{\text{т}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{о}}}, \quad (3.2)$$

где

$T_{\text{н}}$  – число размеров необоснованной степени точности обработки;

$T_{\text{о}}$  – общее число размеров, подлежащих обработке;

3) коэффициенту шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = \frac{Ш_n}{Ш_о}, \quad (3.3)$$

где

$Ш_n$  – число поверхностей детали, не обоснованной шероховатости, шт;

$Ш_о$  – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

В результате проведенного анализа должен быть сделан вывод о конструкции в целом: технологична она или нет.

В процессе анализа рабочий чертеж детали корректируют, вносят соответствующие изменения. Все это должно быть отражено в пояснительной записке.

### **3.2.3. Определение типа производства**

Годовая программа выпуска деталей указывается в задании по курсовому проектированию.

Тип производства – это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004–83).

*Единичное* производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается.

*Серийное* производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями. Серийное производство является основным типом машиностроительного производства и условно подразделяется на крупно-, средне-, и мелкосерийное.

*Массовое* производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени; на большинстве рабочих мест при этом выполняется одна рабочая операция.

Технологические характеристики различных типов производств по преобладающему признаку представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Технологические характеристики различных типов производства

Характерный признак	Тип производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
1	2	3	4
Повторяемость партий (серий)	Отсутствует	Периодическая	Непрерывность выпуска одних и тех же деталей (серий машин)
Технологическое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично специализированное и специальное	Специализированное и специальное оборудование и автоматические линии
Приспособления	Преимущественно универсальные (изредка специальные)	Специальные, переналаживаемые	Специальные, часто органически связанные со станком
Режущий инструмент	Универсальный	Универсальный и специальный	Универсальный, специальный и комбинированный. Многоинструментальные наладки
Измерительный инструмент	Универсальный	Универсальный и специальный	Калибры, специальный многомерный инструмент, контрольные приборы
Настройка станка	Станки ненастроенные, работа по пробным промерам	Станки настроенные	Станки сложной настройки, автоматы
Размещение технологического оборудования	По типам станков	По ходу технологических процессов	По ходу технологических процессов

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4
Виды заготовок	Прокат, литье в земляные формы по деревянным моделям, свободная ковка	Прокат, отливки по металлическим моделям, штамповки	Прокат, машинное литье по металлическим моделям, литье под давлением и другие точные методы литья, штамповки
Применение разметки	Широкое	Ограниченное, лишь для крупных и сложных деталей	Не применяется
Методы достижения точности	Метод индивидуальной пригонки	Метод полной и неполной взаимозаменяемости	Методы полной и селективной взаимозаменяемости
Степень детализации технологических процессов	Простейшие технологические разработки (маршрутные техпроцессы)	Более детальные технологические разработки (маршрутно-операционные и операционные техпроцессы)	Подробные технологические разработки (операционные техпроцессы)
Виды нормирования работ	Укрупненное нормирование	Техническое нормирование серийного производства	Детальное нормирование. Хронометраж операций
Квалификация рабочих	Высокая	Различная	Низкая (при наличии высококвалифицированных наладчиков)
Себестоимость продукции	Высокая	Средняя	Низкая

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по табл. 3.4.

Таблица 3.4

Зависимость типа производства от объема годового выпуска  
и массы детали

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей, шт				
	Тип производства				
	Еди- ничное	Мелко- серий- ное	Среднесе- рийное	Крупносерий- ное	Массовое
< 1,0	< 10	10 – 2000	1500 – 100000	75000 – 200000	200000
1,0 – 2,5	< 10	10 – 1000	1000 – 50000	50000 – 100000	100000
2,5 – 5,0	< 10	10 – 500	500 – 35000	35000 – 75000	75000
5,0 – 10	< 10	10 – 300	300 – 25000	25000 – 50000	50000
> 10	< 10	10 – 200	200 – 10000	10000 – 25000	25000

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций (ГОСТ 3.1121–84):

$$K_{3,0} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.4)$$

где

$\sum O$  – суммарное число различных операций, закрепленных за каждым рабочим местом;

$\sum P$  – суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Принято:

$K_{3,0} \leq 1$  – массовое производство;

$1 < K_{3,0} \leq 10$  – крупносерийное производство;

$10 < K_{3,0} \leq 20$  – среднесерийное производство;

$20 < K_{3,0} \leq 40$  – мелкосерийное производство;

$K_{3,0} > 40$  – единичное производство.

Разрабатываемый в курсовом проекте технологический процесс по заданию должен быть ориентирован на крупносерийное производство.

В соответствии с приведенной формулой (3.4) для коэффициента закрепления операций  $K_{3,0}$  необходимо установить соотношение между трудоемкостью выполнения операций и производительностью рабочих мест (оборудования), предназначенных для проведения данного технологического процесса при условии

загрузки этого оборудования в соответствии с нормативными коэффициентами.  $T_{шт. (ш-к)}$  можно определить по формулам, приведенным в прил. 16.

Окончательный расчет  $K_{з,о}$  следует выполнить после определения трудоемкости операций ( $T_{шт. (ш-к)}$ ) при расчете технических норм времени (п. 3.5.5) в разработанном технологическом процессе по предложенной методике.

Располагая данными о штучном или штучно-калькуляционном времени, затраченном на каждую операцию, можно определить количество станков:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт(ш-к)}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з,н}}, \quad (3.5)$$

где

$N$  – годовая программа выпуска деталей, шт;

$T_{шт. (ш-к)}$  –штучное или штучно-калькуляционное время, мин;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени,  $F_d = 4029$  ч (при двухсменной работе);

$\eta_{з,н}$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Среднее значение нормативного коэффициента загрузки оборудования  $\eta_{з,н}$  на участке цеха при двухсменной работе следует принимать: для мелкосерийного производства –  $0,8 + 0,9$ ; для среднесерийного –  $0,75 + 0,85$ ; для крупносерийного и массового –  $0,65 + 0,75$ .

Так как на данном этапе тип производства выбран ориентировочно по табл. 3.4, то коэффициент загрузки можно принять в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.

Все данные расчета записать в таблицу (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Данные для расчета  $K_{з,о}$

Операция	$T_{шт. (ш-к)}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з,н}$	$O$
	$\sum T_{шт. (ш-к)}$		$\sum P=$		$\sum O=$

После расчета для всех операций значений  $T_{шт. (ш-к)}$  и  $m_p$  установить принятое число рабочих мест  $P$ , округляя до ближайшего большего целого числа полученное значение  $m_p$ .

Далее для каждой операции вычислить значение фактического коэффициента загрузки рабочего места по формуле и тоже

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{p} \quad (3.6)$$

записать эти значения в таблицу (см. табл. 3.5).

Если  $\eta_{з.ф}$  операции оказывается выше нормативного, следует увеличить для данной операции количество станков. Если же на каких-то операциях  $\eta_{з.ф}$  значительно ниже нормативного  $\eta_{з.н.}$ , следует проанализировать возможность дозагрузки рабочего места другими, примерно равноценными по трудоемкости операциями. Тогда количество операций на данном рабочем месте может быть увеличено. Скорректированное значение  $O$  записать в графу таблицы (см. табл. 3.5).

Количество операций, выполняемых на одном рабочем месте ( $O$ ), можно определить по формуле

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф}} \quad (3.7)$$

После заполнения всех граф (см. табл. 3.5) следует подсчитать суммарное значение для  $\sum O$  и  $\sum P$ , определить  $K_{з.о}$  и тип производства.

После установления типа производства необходимо определить его организационно-технологическую характеристику. При этом требуется:

- определить форму организации производственного процесса;
- рассчитать такт выпуска изделий (серийное, массовое производство) или величины партий их запуска в производство.

Согласно ГОСТ 14.312–74, форма организации производства может быть поточной или групповой. Она определяет порядок выполнения операций технологических процессов, направление движения деталей в процессе их изготовления, расположение технологического оборудования и рабочих мест. При *поточной* организации производства такт ( $\tau_b$ , мин) производства деталей определяется по формуле

$$\tau_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (3.8)$$

где

$F_d$  – действительный годовой фонд времени, ч;

$N$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

*Групповая* форма организации производства характеризуется периодическим запуском деталей партиями, что является признаком серийного производства.

Количество деталей в партии ( $n$ , шт) для одновременного запуска определяется упрощенным способом по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (3.9)$$

где

$a$  – периодичность запуска, в днях (рекомендуется следующая периодичность запуска деталей: 3, 6, 12, 24 дня);

254 – количество рабочих дней в году.

Размер партии может быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью размер партии принимают не менее сменной выработки.

### **3.3. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса**

Исходными данными, согласно заданию, являются рабочий чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями и годовая программа выпуска деталей.

**Анализ рабочего чертежа детали.** Выяснив служебное назначение детали в машине (узле) и определив степень ее важности для эксплуатации машины (узла), необходимо провести подробный анализ технических требований на изготовление детали по чертежу (см. п. 3.2.1). В результате анализа должны быть сформулированы основные технологические задачи, которые требуется решить при обработке детали; при необходимости следует откорректировать рабочий чертеж детали.

Основные технологические задачи включают требования по обеспечению:

- 1) точности размеров – диаметральных, линейных, угловых;
- 2) точности формы – для цилиндрических деталей в продольном и поперечном сечениях (допуски круглости, цилиндричности, профиля продольного сечения) и для плоскостных деталей (допуски прямолинейности и плоскостности).

3) точности взаимного расположения поверхности (допуски параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей и т. п.);

4) качества поверхностного слоя обработанных поверхностей (высота неровностей профиля, твердость, величина, знак и глубина распространения внутренних, остаточных напряжений).

Кроме того, на чертежах могут быть указаны и специальные технические требования: покрытия, термообработка, окраска, подгонка веса, уравнивание и т. п.

По всем этим группам технологических задач необходимо подробно изучить технические требования на изготовление деталей с перечислением наиболее ответственных.

В результате формулируются основные технологические задачи, определяющие структуру технологического процесса, применяемое оборудование, оснастку, квалификацию исполнителя, контрольные операции и др. Например, основной технологической задачей при обработке кронштейна (рис. 5.4) является обеспечение:

- точности размеров (поверхность  $\varnothing 47Js7$  – по IT7; размер от оси отверстия  $\varnothing 47Js7$  до установочной плоскости (базы) А – по IT10; остальные размеры – по IT11–IT14);

- точности формы (допуски круглости и профиля продольного сечения отверстия  $\varnothing 47Js7$  не более 0,008 мм);

- точности взаимного расположения (допуск параллельности оси отверстия  $\varnothing 47Js7$  относительно базы А не более 0,02 мм; допуск перпендикулярности 2 торцевых поверхностей В относительно оси отверстия (базы В) не более 0,02 мм; точность расположения отверстий задается зависимыми допусками – от 0,2 до 0,12 мм);

- качества поверхностного слоя (шероховатость поверхностей отверстия  $\varnothing 47Js7$  и базы А  $R_a = 1,25$  мкм; шероховатость торцевых поверхностей отверстия  $\varnothing 47Js7$   $R_a = 2,5$  мкм; отливку подвергнуть старению).

В такой последовательности анализируются технические требования – с обязательным выделением наиболее высоких из них. Особое внимание следует обращать на комплексы взаимосвязанных поверхностей. Решению этих задач должны быть под-

чинены все последующие этапы проектирования технологического процесса изготовления детали.

При технологическом контроле чертежей проверяют, содержит ли чертеж все сведения о детали: необходимые проекции, разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхности. В соответствии с ГОСТ 2.107–83 "Основные требования к рабочим чертежам" рабочие чертежи должны содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия. Проверяют правильность простановки размеров в соответствии с ГОСТ 2.307–83 "Нанесение размеров и предельных отклонений" (см. п. 2.2.1).

### **3.4. Разработка технологического процесса обработки детали**

Технологический процесс изготовления детали должен соответствовать программе выпуска, типу производства и его организационно-техническим характеристикам, которые были определены выше.

В соответствии с ГОСТ 14.301–83 технологические процессы подразделяются на три вида: единичный, типовой и групповой.

Технологический процесс изготовления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства относится к *единичному* технологическому процессу.

Технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками называют *типовым* технологическим процессом.

*Групповой* технологический процесс – это технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Общие правила разработки технологических процессов определены ГОСТ 14.301–83.

Разрабатываемый в курсовом проекте единичный технологический процесс должен быть прогрессивным и обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий, повышение производительности труда и качества изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на его реализацию,

уменьшение вредных воздействий на окружающую среду, а также отличаться оригинальными технологическими решениями.

Имеющиеся типовые и групповые технологические процессы используют как основу для разработки новых технологических процессов, а в случае их отсутствия принимают прогрессивные решения для действующих заводских единичных технологических процессов изготовления аналогичных изделий.

Для разработки технологического процесса необходимо проанализировать заводской технологический процесс, а если такового нет, то следует выбрать типовой техпроцесс обработки аналогичной детали (см. разд. 5), а затем руководствоваться алгоритмом по схеме рис. 3.1.

### ***3.4.1. Выбор типового технологического процесса***

Как отмечалось выше, при разработке технологического процесса обработки заданной детали (при отсутствии заводского техпроцесса) за основу принимают типовые технологические процессы. Для этого определяют класс детали и выбирают соответствующий типовой технологический процесс.

Типизация технологических процессов основана на применении наиболее совершенных методов обработки, обеспечивающих наивысшую производительность и экономичность производства. Типовой технологический процесс разрабатывается для изготовления в конкретных производственных условиях типового представителя группы изделий с общими технологическими признаками. Для этого необходима классификация деталей, поверхностей и их сочетаний.

Основными признаками для классификации деталей являются: форма детали; габаритные размеры; точность и качество обрабатываемых поверхностей; материал детали; объем выпуска и размер партии запуска; общая производственная обстановка.

Основоположителем идей типизации является профессор А. П. Соколовский. Он в свое время предложил 15 классов: валы, втулки, диски, эксцентрики, крестовины, рычаги, плиты, стойки, угольники, бабки, зубчатые колеса, фасонные кулачки, ходовые винты и червяки, мелкие крепежные детали.

Класс деталей объединяет совокупность деталей, имеющих одинаковый маршрут операций, которые осуществляются на однородном оборудовании с применением однотипных приспособлений и инструментов. Разработка классификации деталей сочетается с унификацией и нормализацией их конструкций. Это позволяет укрупнить партии деталей, применить при изготовлении более прогрессивную технологию, а также сократить номенклатуру режущих и измерительных инструментов.

В настоящее время созданы технологический классификатор (ЕСТД) и конструкторский классификатор ЕСКД, который включает 49 классов деталей.

В соответствии с вышеперечисленными признаками деталь, для которой требуется разработать технологический процесс, следует отнести к определенному классу.

Для одной и той же детали при одинаковой производственной программе может быть разработано несколько вариантов технологических процессов. В зависимости от опыта технического персонала и жестких производственных условий эти варианты иногда отличаются друг от друга маршрутом и содержанием операций, являясь в то же время равноценными по технико-экономической эффективности.

Типовые технологические процессы для основных представителей деталей приведены ниже (см. разд. 5). Типовой маршрут дает один из наиболее рациональных вариантов решения основных технологических задач для рассматриваемой детали.

Выбранный типовой технологический процесс является канвой проектируемого процесса. Его следует изменить с учетом конкретных особенностей детали.

### ***3.4.2. Анализ заводского технологического процесса обработки детали***

В том случае, когда подготовка к выполнению курсового проекта начинается во время прохождения студентами технологической практики и изучения действующих на производстве технологических процессов, возникает необходимость их глубокого анализа с точки зрения обеспечения качества продукции.

При этом следует выяснить, правильно ли он составлен для выполнения требований чертежа и соблюдаются ли все требования технологического процесса в цехе.

Анализ производится по следующим параметрам:

- рациональность метода получения заготовки для данного типа производства;
- соответствие фактических припусков на обработку чертежу заготовки;
- правильность выбора черновых, чистовых и промежуточных баз на операциях техпроцесса, соблюдение единства баз;
- правильность установки последовательности операции процесса для достижения заданной точности деталей;
- соответствие параметров установленного оборудования требованиям данной операции;
- соответствие режимов резания оптимальным;
- степень оснащенности операций;
- применяемость высокопроизводительного режущего инструмента и новых марок материалов его режущей части;
- степень концентрации операций;
- правильность разработанного технологического процесса, выбора оборудования и технологической оснастки;
- правильность заполнения технологических карт (МК, ОК, КЭ);
- определение технологической себестоимости;
- соблюдение технологического процесса на операциях и качество обработки деталей.

Вопросы анализа заводского технологического процесса обработки детали подробно рассмотрены в "Методических рекомендациях к выполнению практической работы по технологии машиностроения" [1].

В заключение должны быть отмечены достоинства и недостатки заводского технологического процесса, а также сформулированы предложения по его улучшению. Результаты анализа необходимо изложить в соответствующем разделе пояснительной записки, так как именно анализ может дать предпосылки для разработки варианта техпроцесса.

При разработке курсового проекта подобного направления перед студентом не ставится задача коренной переработки суще-

ствующей технологии, если это не диктуется соответствующими особыми условиями, например резким увеличением производственной программы, связанным с изменением типа производства.

### **3.4.3. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления**

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильности выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависят характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента и, в итоге, стоимость изготовления детали.

При выборе заготовки необходимо:

- установить способ получения заготовки;
- рассчитать припуски на обработку каждой поверхности;
- рассчитать размеры и указать допуски на заготовку;
- разработать чертеж заготовки.

На выбор заготовки влияют следующие показатели: назначение детали; материал; технические условия; объем выпуска и тип производства; тип и конструкция детали; размеры детали и оборудования, на котором она изготавливается; экономичность изготовления заготовки, выбранной по предыдущим показателям. Все эти показатели должны учитываться одновременно, так как они тесно связаны. Окончательное решение принимают после экономического расчета с учетом стоимости метода получения заготовки и механической обработки.

Если в курсовом проекте анализируется базовый технологический процесс, то делается краткий анализ существующего способа получения заготовки на заводе (см. п. 3.4.2), в котором должны быть отражены экономичность способа в условиях завода, качество заготовки, техпроцесс получения заготовки и т. п.

Целесообразно сделать сопоставление двух возможных способов получения заготовки (например, предлагаемого – с существующим на заводе) и выбрать оптимальный.

Наиболее часто в курсовых проектах применяют заготовки из проката, штампованные заготовки и отливки.

**Заготовки из проката.** Для изготовления деталей методами резания может применяться сортовой и специальный прокат. Сортовой прокат следует использовать в тех случаях, когда профиль детали приближен к профилю проката. Прокат может также применяться в качестве исходных товарных заготовок – болванок под ковку и штамповку.

Простые сортовые профили общего назначения – круглые и квадратные (ГОСТ 2590–71), шестигранные (ГОСТ 2879–69) и полосовые (ГОСТ 103–76) – используют для изготовления гладких ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней, стаканов диаметром до 50 мм, втулок диаметром до 25 мм, рычагов, клиньев, фланцев.

Фасонные профили общего назначения – сталь угловую равнополочную и неравнополочную (ГОСТ 8509–72 и ГОСТ 8510–72), балки двутавровые (ГОСТ 8239–72) и швеллеры (ГОСТ 8240–72) – применяют при изготовлении металлоконструкций (рам, плит, подставок, кронштейнов).

Трубный прокат – стальной бесшовный холодный, горячекатаный, холоднотянутый (ГОСТ 8732–78; ГОСТ 8734–75) – служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, шпинделей, стаканов, барабанов, роликов, пустотелых валов.

Гнутые профили – U-образные, С-образные и корытообразные (ГОСТ 8278–83; ГОСТ 8281–80; ГОСТ 8283–77) – используют для изготовления опор, кронштейнов, консолей, ребер жесткости.

Горячепрессованные профили сложной формы (пустотелые, полузамкнутые) применяют при изготовлении скоб, направляющих элементов, прижимов.

Периодические профили проката соответствуют изготавливаемым из них деталям.

Профили продольной прокатки (ГОСТ 8319.0–75; ГОСТ 8319.13–75 и ГОСТ 8531–78) служат для изготовления балок передних осей автомобилей, лопаток, осей; поперечно-винтовой прокатки (ГОСТ 8320.0–83; ГОСТ 8320.13–83) – для изготовления валов электродвигателей, шпинделей машин, осей рычагов; поперечно-клиновой прокатки – для изготовления валов коробки передач автомобилей, валиков и других деталей типа тел вращения крупносерийного и массового производства; поперечной прокатки (ГОСТ 7524–83) – для изготовления шариков подшипников качения, профилированных трубчатых деталей (втулки).

Точность горячекатаного проката ориентировочно соответствует 12–14-му квалитетам, холоднотянутого – 9–12-му квалитетам.

Более подробную информацию о сортовом прокате, предельных отклонениях и припусках на механическую обработку можно найти в работе Е. В. Романова и справочных изданиях [23, 26, 27].

Специальный прокат применяется в условиях крупносерийного и массового производства, что позволяет полностью исключить механическую обработку детали.

Для получения заготовок для деталей из проката прутки разрезают на мерные части.

**Кованые и штампованные заготовки.** Кузнечно-штамповочное производство уступает литейному в возможной сложности конфигурации получаемых деталей, но имеет преимущества в прочности и надежности выпускаемой продукции. Поэтому наиболее ответственные детали машин изготавливают из кованых и штампованных заготовок, так как механические свойства металла выше, чем у литых материалов. Технологический процесс получения заготовок обработкой давлением отличается также и высокой производительностью.

Обработка давлением обеспечивает получение заготовок с помощьюковки, штамповки и других специальных процессов.

Ковкой получают поковки простой формы до 350 т с большими напусками в единичном и мелкосерийном производствах [27].

Поковки массой до 500–1000 кг получают на паровоздушных молотах, а более крупные – на гидравлических прессах. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали при ковке на молотах определяют по ГОСТ 7829–79, а для поковок, изготавливаемых ковкой на прессах, по ГОСТ 7062–90 [27].

Главное преимуществоковки состоит в возможности обрабатывать тяжелые слитки стали и получать поковки массой в десятки и сотни тонн, диаметром в несколько метров и длиной в десятки метров.

Ковкой изготавливают колонны, валы-тяги, штанги, шпиндели, прокатные и шестеренчатые валки, ротора генераторов и турбин и др.

В курсовых проектах часто применяются наиболее прогрессивные и производительные способы получения заготовок давлением (штамповкой) в условиях серийного и массового производства.

Характеристика некоторых таких методов приведена в табл. 3.6.

Штамповка на кривошипных прессах в 2–3 раза производительнее по сравнению со штамповкой на молотах; при этом припуски и допуски уменьшаются на 20–35%, расход металла снижается на 10–15%.

Таблица 3.6

Характеристика основных методов получения заготовок давлением (углеродистые, легированные стали и специальные сплавы)

Метод получения заготовок	Размеры или масса		Точность получения заготовок	Параметр шероховатости Ra, мкм
	Наибольшие	Наименьшие		
Штамповка на молотах и прессах	200 кг	Толщина стенки 2,5 мм	По ГОСТ 7505–89	80–40
Штамповка с последующей чеканкой	100 кг	"	0,05–0,1 мм	10–25
Штамповка (высадка) на ГКМ	100 кг	0,1 кг	По ГОСТ 7505–89	80–40
Штамповка выдавливанием	Диаметр до 200 мм	–	0,2–0,5 мм	80–20

*Примечания:*

1. Подробнее об этом см. в учебном пособии П. А. Руденко [24].
2. ГКМ – горизонтально-ковочные машины.

Виды поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах и на молотах и горячештамповочных прессах, и их классификация по группам представлены на рис. 3.2 и 3.3.

Припуски и допуски на поковки, получаемые горячей объемной штамповкой, определяют по ГОСТ 7505–89 в зависимости от массы поковки (не более 250 кг с линейным габаритным размером не более 2500 мм), группы материала, степени сложности, класса точности и шероховатости поверхности детали.

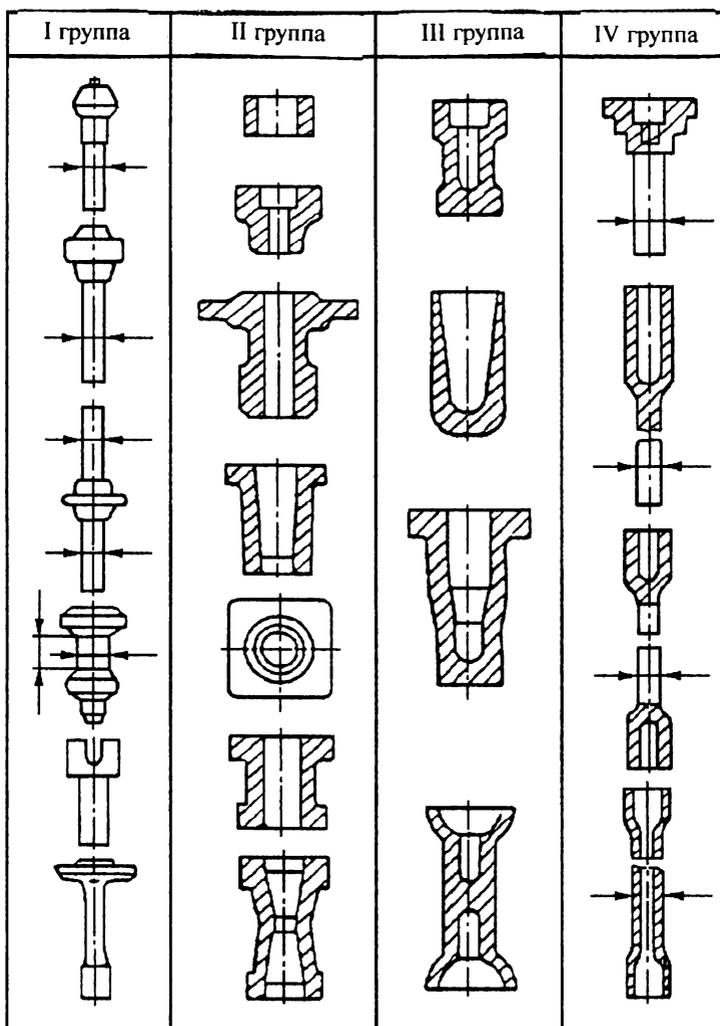


Рис. 3.2. Классификация поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах:

I группа – поковки типа стержня с утолщением; II – поковки нестержневого типа со сквозным отверстием, у которых все размеры не равны диаметру заготовки (прутка); III – поковки, аналогичные поковкам II группы, но с глухими прошитыми отверстиями; IV – поковки типа стержня, у которых на концах имеются утолщения с прошитыми глухими или сквозными отверстиями

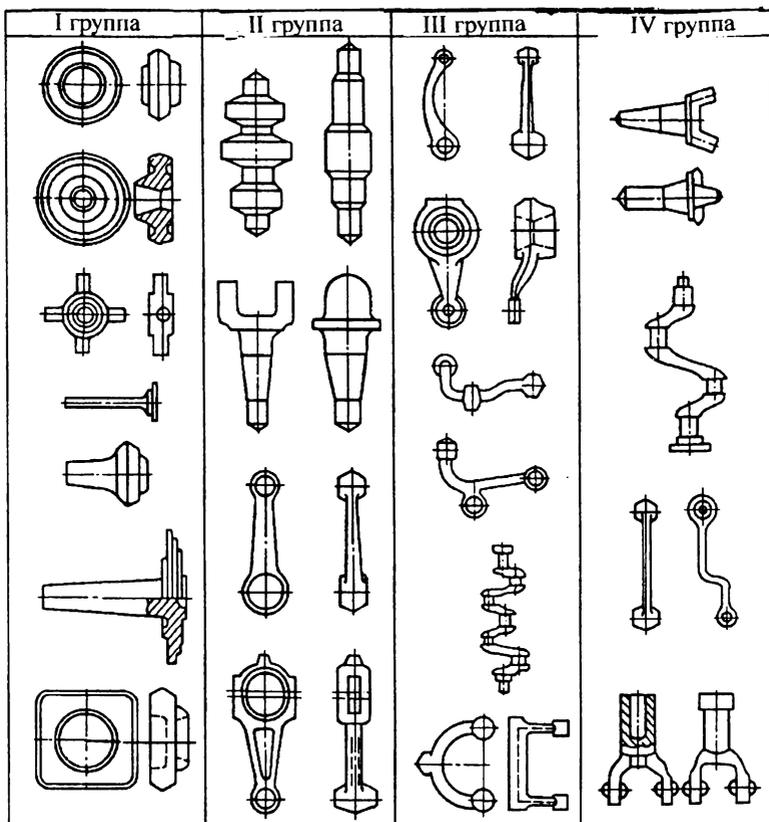


Рис. 3.3. Классификация поковок, штампуемых на молотах и горячештамповочных прессах:

I группа – плоские поковки (штампуемые в торец); II – поковки с удлиненной осью, штампуемые с разъемом по плоскости, проходящей через продольную ось детали; III – поковки с изогнутой осью, для изготовления которых требуется гибочный ручей; IV – поковки, изготавливаемые методом комбинированной штамповки (на прессе и молоте, прессе и ГКМ, при других сочетаниях кузнечно-прессового оборудования)

Установлены четыре степени сложности поковок:

1. С1 – при  $0,63 < K_c < 1$ ;
2. С3 – при  $0,16 < K_c < 0,32$ ;
3. С2 – при  $0,32 < K_c < 0,63$ ;
4. С4 – при  $K_c < 0,16$ .

Различают 3 группы материалов:

1. М1 – углеродистая сталь с содержанием углерода до 0,35% и легированная сталь при суммарном содержании легирующих элементов до 2%.

∨ 2. М2 – сталь с содержанием углерода в пределах 0,35–0,65% или легирующих элементов 2–5%.

3. М3 – сталь, содержащая углерода свыше 0,65% или легирующих элементов свыше 5%.

Степень сложности поковки С зависит от соотношения  $K_c$  объема  $V_n$  или массы  $G_n$  поковки к объему  $V_{\text{фиг}}$  или массе  $G_{\text{фиг}}$  фигуры в виде шара, цилиндра, призмы или параллелепипеда, описанного вокруг поковки:

$$K_c = \frac{V_n}{V_{\text{фиг}}} = \frac{G_n}{G_{\text{фиг}}}. \quad (3.10)$$

Расчетная масса поковки определяется исходя из ее номинальных размеров. Ориентировочную величину расчетной массы поковки допускается вычислять по формуле

$$M_{\text{п.р}} = M_{\text{д}} \cdot K_p, \quad (3.11)$$

где

$M_{\text{п.р}}$  – расчетная масса поковки, кг;

$M_{\text{д}}$  – масса детали, кг;

$K_p$  – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с данными табл. 3.7.

Таблица 3.7

Коэффициент  $K_p$  для определения ориентировочной расчетной массы поковки (ГОСТ 7505–89)

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	$K_p$
1	2	3	4
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3–1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1–1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5–1,8

1	2	3	4
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3–1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4–1,6
3	Комбинированной (сочетающей элементы 1-й и 2-й групп) конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3–1,8
4	С большой долей необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1–1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8–2,2

ГОСТ 7505–89 предусматривает поковки пяти классов точности:

- Т1 – поковки, подвергаемые после штамповки объемной калибровке, и прецизионная штамповка;

- Т2 – поковки, изготавливаемые закрытой (безоблойной) штамповкой на кривошипных и горячештамповочных прессах и автоматах;

- Т3 – поковки, получаемые на кривошипных штамповочных прессах выдавливанием, в закрытых штампах, а также горячештамповочных автоматах;

- Т4, Т5 – поковки, штампуемые в открытых штампах (облойная штамповка) на кривошипных горячештамповочных, винтовых и гидравлических прессах, паровоздушных молотах, горизонтально-ковочных машинах. Класс точности поковок зависит от состояния инструмента, оборудования и может уточняться соглашением заказчика и производителя исходя из предъявленных требований к точности.

Для определения исходного индекса по табл. 3.8 в графе "Масса поковки" находят соответствующую строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс.

Таблица 3.8  
 Определение исходного индекса (ГОСТ 7505–89)

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки			Класс точности поковки					Исходный индекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 включительно													1
Свыше 0,5 до 1,0»													2
«1,0 « 1,8»													3
«1,8 « 3,2»													4
«3,2 « 5,6»													5
«5,6 « 10,0»													6
«10,0 « 20,0»													7
«20,0 « 50,0»													8
«50,0 « 150,0»													9
«125,0 « 250,0»													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

*Пример 1.* Поковка массой 0,5 кг, (группа стали М1, степень сложности С1, класс точности Т2), имеет исходный индекс 3 (пунктирная линия).

*Пример 2.* Поковка массой 1,5 кг (М3, С2, Т1 соответственно) имеет исходный индекс 6 (штрихпунктирная линия).

Числовые значения основных припусков (табл. 3.9) на механическую обработку штампованных поковок назначают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности и исходного индекса. Исходный индекс (1–23) указывается на чертеже поковки и определяется группой стали, степенью сложности и классом точности поковки.

Кроме основных припусков (см. табл. 3.9) на поковки назначают дополнительные, которые учитывают смещение поковки, изогнутость, отклонения от плоскостности и прямолинейности, межцентрового и межосевого расстояний, угловых размеров. Дополнительный припуск устанавливают исходя из формы поковки и технологии ее изготовления (ГОСТ 7505–89), а также по согласованию между изготовителем и потребителем. В курсовом проекте можно ограничиться назначением только основных припусков.

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров штампованных поковок приведены в табл. 3.10.

**Отливки.** Одним из методов получения заготовок в машиностроении является литье. Преимущество литых заготовок заключается в том, что их можно изготовить максимально приближенными к заданной форме и размерам и практически любой конфигурации.

Отливки применяют для изготовления корпусных и других деталей сложной формы (корпусов, кронштейнов, стоек, фланцев и т. п.). Для получения отливок наиболее широко применяется литье:

- в песчаные формы;
- в кокиль;
- по выплавляемым моделям;
- под давлением;
- в оболочковые формы.

Таблица 3.9  
**Основные припуски на механическую обработку (на сторону) штамповок (ГОСТ 7505–89)**

до 25		25–40		40–63		63–100		100–160		160–250		св. 250		–													
		Толщина детали, мм																									
до 40		Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм																									
		40–100		100–160		160–250		250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500											
100	125	100	125	100	125	100	125	100	125	100	125	100	125	100	125	100	125										
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	–	–	–									
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	–	–	–									
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,4								
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,5								
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	–								
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8						
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0			
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,7	3,0	
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,2	2,2	2,7	3,0	
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	3,0		
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	2,2	2,7	3,0	
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10,0

Выбор того или иного метода литья зависит от материала детали, точности размеров и шероховатости поверхностей, от конфигурации, размеров и массы детали, а также от типа производства.

Литье в песчаные формы является наиболее универсальным методом. Однако изготовление формы требует больших затрат времени.

Литьем в землю по металлическим моделям при машинной формовке получают отливки массой до 10–15 т при наименьшей толщине стенок 3–8 мм. Параметр шероховатости  $R_a$  20–5.

Литье в оболочковые формы применяют главным образом при получении ответственных фасонных алюминиевых и стальных отливок массой до 100 кг. Параметр шероховатости  $R_a$  20–2,5.

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300–500 шт. для мелких отливок и 30–50 шт. для крупных отливок. Этим способом можно получать отливки массой 0,25–7 т. Параметр шероховатости  $R_a$  20–2,5.

Литье по выплавляемым моделям экономически целесообразно для литых деталей сложной конфигурации из любых сплавов и массой 50–100 кг при партии свыше 1000 шт. Параметр шероховатости  $R_a$  10–2,5.

Литье под давлением применяется в основном для получения фасонных отливок из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Способ считается целесообразным при величине партии в 1000 и более деталей и массе отливки до 100 кг. Параметр шероховатости не более  $R_a$  5.

Центробежное литье может применяться при выполнении заготовок, имеющих форму тел вращения и массу 0,01–3 т [4]. Параметр шероховатости не более  $R_a$  40–10.

Точность отливок в целом характеризуется классом размерной точности (22 класса; с 1-го по 16-й), степенью коробления (11 степеней), степенью точности поверхностей (22 степени), классом точности массы (22 класса; с 1-го по 16-й), (ГОСТ 22645–85).

Таблица 3.10

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров штамповок, мм (ГОСТ 7505–89)

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40–63		63–100		100–160		160–250		ср. 250							
	Длина, ширина, глубина и высота поковки																	
	до 40		40–100		100–160		160–250		250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,3	+0,1 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	3,3 -1,5	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	6,0 -3,0	0,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	0,0	6,7 -3,3	1,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	1,0	7,4 -3,6	2,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	2,0	8,0 -4,0	3,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	10, -6,0

Обязательному применению подлежат классы размерной точности и точности массы отливки. На отдельные размеры и поверхности отливок допускается устанавливать более жесткие нормы точности, чем в целом на отливку.

На чертеже отливки следует указывать измерительные базы (базы разметки) и базы первоначальной обработки поверхностей (исходные базы), а также все радиусы литейных сопряжений и литейные уклоны по ГОСТ 3212–80.

В технических требованиях чертежа отливки должны быть указаны группа и нормы точности отливки, а также допускаемые дефекты. Нормы точности приводят в следующем порядке (см. пример): класс размерной точности (8), степень коробления (5), степень точности поверхностей (4), класс точности массы отливки (7).

*Например:* Точность отливки 8–5–4–7 (ГОСТ 26645–85).

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями.

*Например:* Точность отливки 8–0–0–7 (ГОСТ 26645–85).

Классы размерной точности (точности размеров) отливки и точности массы приведены в таблицах 3.11 и 3.12.

По классу размерной точности можно найти допуск размера отливки (табл. 3.13) и предельные отклонения размеров. Допуск относится к линейным размерам – как изменяемым механической обработкой, так и не изменяемым.

В последнем случае это будет допуск размера детали. Величина допуска зависит от класса точности размеров и номинального размера детали.

Таблица 3.11

Классы размерной точности отливок (ГОСТ 26645–85)

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава				Ряды припусков
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Черные нетермообрабатываемые, цветные тугоплавкие и легкие термообрабатываемые сплавы	Чугунные термообрабатываемые и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы	
Классы точности размеров						
В песчаные формы	До 100	5–10	6–11	7–11	7–12	5–8
	101–250	6–11	7–11	7–12	8–13	6–9
	251–630	7–11	7–12	8–13	9–13	6–10
	631–1600	7–12	8–13	9–13	9–13	6–11
	1601–4000	8–13	9–13	9–13	10–14	6–12
	4001–10000	9–13	9–13	10–14	11–14	7–13
В кокиль	До 100	5–9	5–9	6–10	7–11	4–7
	101–250	5–9	6–10	7–11	7–11	4–7
	251–630	6–10	7–11	7–11	8–12	4–8
По выплавляемым моделям	До 100	4–8	5–9	5–9	6–10	3–6
	101–250	5–9	5–9	6–10	7–11	3–7
	251–630	5–9	6–10	7–11	7–11	4–8
В металлические формы	До 100	3–6	3–7	4–7	5–8	2–5
	101–250	3–7	4–7	5–8	5–9	3–6
	251–630	4–7	5–8	5–9	6–9	3–7

*Примечания:*

1. Меньшие значения классов соответствуют массовому производству простых отливок, большие – мелкосерийному и индивидуальному производству сложных отливок, средние – серийному производству отливок средней сложности.

2. Меньшие ряды припусков относятся котликам из цветных сплавов; большие – из ковкого чугуна; средние – к отливкам из серого, высокопрочного чугуна и стали.

Таблица 3.12

Классы точности массы отливок (ГОСТ 26645–85)

Способ литья	Номинальная масса отливки, кг	Тип сплава			
		Цветные легкие, не-термообрабатываемые сплавы	Черные не-термообрабатываемые, цветные тугоплавкие и легкие термообрабатываемые сплавы	Чугунные термообрабатываемые и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
Литье в песчаные формы	до 1,0	5–13т	6–13	7т–14	7–15
	1,0–10	6–13	7т–14	7–15	8–15
	10–100	7т–14	7–15	8–15	9т–16
	100–1000	7–15	8–15	9т–16	9–16
	1000–10000	8–15	9т–16	9–16	10–16
	10000–100000	9т–16	9–16	10–16	11т–16
Литье в кокиль	до 1,0	4–11	5т–12	5–13т	6–13
	1,0–10	5т–12	5–13т	6–13	7т–14
	10–100	5–13т	6–13	7т–14	7–15
	100–1000	6–13	7т–14	7–15	8–15
	1000–10000	7т–14	7–15	8–15	9т–16
	10000–100000	7–15	8–15	9т–16	9–16
Литье по выплавляемым моделям	до 1,0	3т–9	3–10	4–11т	5т–11
	1,0–10	3–10	4–11т	5т–11	5–12
	10–100	4–11т	5т–11	5–12	6–13т
Литье в металлические формы	до 1,0	1–7	2–8	3т–9т	3–9
	1,0–10	2–8	3т–9т	3–9	4–10
	10–100	3т–9т	3–9	4–10	5т–11т

*Примечание:* Меньшие значения рядов припусков из диапазонов их значений следует принимать для термообрабатываемых отливок из цветных легкоплавких сплавов, большие значения – для отливок из ковкого чугуна, средние – для отливок из серого и высокопрочного чугуна, термообрабатываемых отливок из стальных и цветных тугоплавких сплавов.

Предельные отклонения размеров отливки устанавливают как симметричные и несимметричные, при этом предпочтительнее следующее расположение полей допусков:

- несимметричное одностороннее, "в тело", – для размеров элементов (кроме толщины стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке; при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагается "в плюс" (+T), а для охватываемых (вал) – "в минус" (–T);
- симметричное  $\left(\frac{+T}{2}\right)$  – для размеров всех остальных элементов отливки – как подвергаемых, так и не подвергаемых механической обработке.

Припуски на обработку (на сторону) и допуски на размеры отливки назначают по ГОСТ 26645–85 или по рекомендуемым значениям (табл. 3.13–3.15) в зависимости от размеров детали, материала и способа литья.

При назначении припусков по ГОСТ 26645–85 необходимо учитывать дополнительные допуски формы и расположения поверхностей и допуски неровности поверхности в зависимости от степени коробления отливок, степени точности поверхностей и их взаимного расположения. При ненормируемых перечисленных показателях общий допуск элемента отливки  $T_{\text{общ}}$  следует принять на 25% больше допуска размера, определяемого по классу размерной точности (см. табл. 3.13). После определения общего допуска можно найти односторонний припуск на механическую обработку.

Размер отливки  $L_{\text{отл}}$  устанавливают больше (+Z) или меньше (–Z) размера детали  $L_{\text{дет}}$  в зависимости от расположения припусков:

$$L_{\text{отл}} = (L_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2) + \frac{T}{2}, \quad (3.12)$$

где

$Z_1$  и  $Z_2$  – припуск на механическую обработку с одной и другой стороны;

$T$  – допуск размерной точности отливки (расположение допуска может быть и не симметричным).

Таблица 3.13

## Допуски размерной точности отливок (ГОСТ 26645 – 85)

Интервалы номинальных размеров детали, мм	Допуски размеров отливок, мм, не более, для класса размерной точности отливок																						
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16	
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-	-
Св. 4 до 6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-	-
Св. 6 до 10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-	-	-	-
Св. 10 до 16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	-	-	-
Св. 16 до 25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	14
Св. 25 до 40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	16
Св. 40 до 63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	18
Св. 63 до 100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	20
Св. 100 до 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	22
Св. 160 до 250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	24
Св. 250 до 400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	28
Св. 400 до 630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,20	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	28	32
Св. 630 до 1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	28	36
Св. 1000 до 1600	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	28	36	40
Св. 1600 до 2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	28	36	44
Св. 2500 до 4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11	14	18	22	28	36	44	48

Таблица 3.14

Припуски на механическую обработку чугунных отливок

Наиболь- ший га- барит- ный раз- мер, мм	Литье																		
	В кокиль и в металлические формы						по выплавляемым моде- лям, в оболочковые формы						в песчаные формы						
	Номинальный размер, мм																		
	До 50	50- 120	20 260	60 500	500- 800	00 125	До 50	50- 120	20 260	60 500	500- 800	00 125	До 50	50- 120	20 260	60 500	500- 800	00 125	
До 120	2,5 2,0	2,5 2,0	-	-	-	-	3,5 2,5	4,0 3,0	-	-	-	-	-	-	-	4,5 3,5	-	-	-
121- 260	2,5 2,0	3,0 2,5	3,0 2,5	-	-	-	4,0 3,0	4,5 3,5	5,0 4,0	-	-	-	-	-	-	5,0 4,0	5,5 4,5	-	-
261- 500	3,5 2,5	3,5 3,0	4,0 3,5	4,5 3,5	-	-	4,5 3,5	5,0 4,0	6,0 4,5	6,5 5,0	-	-	-	-	-	6,0 4,5	7,0 5,0	7,0 6,0	-
501- 800	4,5 3,5	4,5 3,5	5,0 4,0	5,5 4,5	5,5 4,5	-	5,0 4,0	6,0 4,5	6,5 5,0	7,0 5,0	7,0 5,5	-	-	-	-	7,0 5,0	7,0 5,0	8,0 6,0	9,0 7,0
801- 1250	5,0 3,5	5,0 4,0	6,0 4,5	6,5 5,0	7,0 5,0	7,0 5,0	6,0 4,0	7,0 5,0	7,0 5,5	7,5 5,5	8,0 5,5	8,5 6,5	-	-	-	7,0 5,5	8,0 6,0	8,0 6,0	9,0 7,0

*Примечание.* Значения припусков в числителе указаны для поверхности, расположенной при заливке сверху, в знаменателе – для поверхности, расположенной при заливке снизу или сбоку.

Таблица 3.15

Припуски на механическую обработку стальных отливок

Наи- больш габарит- ный размер, мм	Литье																	
	в кокиль и в металлические формы						по выплавляемым моделям, в оболочковые формы						в песчаные формы					
	Номинальный размер, мм																	
	До 120	121- 260	261- 500	501 800	801 1250	1251 2000	До 120	121- 260	261- 500	501 800	801 1250	1251 2000	До 120	121- 260	261- 500	501 800	801 1250	1251 2000
До 120	3,5 3,0	-	-	-	-	-	4,0 4,0	-	-	-	-	-	5,0 4,0	-	-	-	-	-
121-260	4,0 3,0	5,0 3,5	-	-	-	-	5,0 4,0	6,0 4,0	-	-	-	-	5,0 4,0	6,0 4,0	-	-	-	-
261-500	5,0 3,0	5,0 4,0	6,0 4,0	-	-	-	6,0 5,0	7,0 5,0	7,0 6,0	-	-	-	6,0 5,0	8,0 6,0	9,0 6,0	-	-	-
501-800	5,0 4,0	6,0 4,5	7,0 5,0	7,0 5,0	-	-	7,0 5,0	8,0 6,0	9,0 6,0	10,0 7,0	-	-	7,0 5,0	8,0 6,0	10,0 7,0	11,0 7,0	-	-
801- 1250	7,0 5,0	7,0 5,0	8,0 6,0	8,0 6,0	9,0 6,0	-	8,0 6,0	9,0 7,0	10,0 7,0	10,0 8,0	11,0 8,0	-	9,0 6,0	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 8,0	13,0 9,0	-
1251- 2000	10,0 6,0	11,0 6,0	12,0 6,0	13,0 7,0	14,0 7,0	16,0 7,0	9,0 7,0	10,0 7,0	10,0 8,0	11,0 8,0	12,0 9,0	-	10,0 7,0	11,0 8,0	12,0 9,0	13,0 9,0	14,0 10,0	16,0 11,0

*Примечание.* Значения припусков в числителе указаны для поверхности, расположенной при заливке сверху, в знаменателе – для поверхности, расположенной при заливке снизу или сбоку.

#### ***3.4.4. Экономическое обоснование выбора заготовки***

При выборе вида заготовки для вновь проектируемого технологического процесса возможны следующие варианты:

1. Метод получения заготовки принимается аналогичным существующему на данном производстве.

2. Метод изменяется, что, однако, не вызывает изменений в технологическом процессе механической обработки.

3. Метод изменяется, и это влечет за собой изменения в ряде операций механической обработки детали.

При *первом варианте* достаточно ограничиться обоснованием оптимальности метода, ссылаясь на справочную и техническую литературу. Это должно быть отмечено также и при анализе заводского технологического процесса. Так как стоимость заготовки не изменяется, она не учитывается при определении технологической себестоимости.

Во *втором* случае предпочтение следует отдавать заготовке, характеризующейся лучшим использованием металла и меньшей стоимостью. Рассчитать стоимость заготовки можно до определения технологической себестоимости варианта техпроцесса.

В *третьем* случае вопрос о целесообразности выбора определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости детали по сравниваемым вариантам. Предпочтение следует отдавать заготовке, которая обеспечивает меньшую технологическую себестоимость детали. Если же сопоставляемые варианты оказываются равноценными, предпочтение следует отдавать варианту заготовки с более высоким коэффициентом использования материала.

В курсовом проекте предлагается провести упрощенное сравнение возможных вариантов получения заготовки в два этапа:

*1-й этап:* Сравнение методов получения заготовки по коэффициенту использования материала  $K_{им}$  (3.1). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве  $K_{им} \geq 0,85$ ; в серийном производстве  $K_{им} \geq 0,5-0,6$ .

2-й этап: Сравнение методов получения заготовки на основании расчета стоимости заготовки (в рублях) с учетом ее черновой обработки:

$$C_3 = M \cdot C_m - M_o \cdot C_o + C_{3,ч} T_{шт} \left( 1 + \frac{C_{ц}}{100} \right), \quad (3.13)$$

где

$M$  – масса исходного материала на одну заготовку, кг;

$C_m$  – оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки (из проката, свободной ковкой, штамповкой, литьем (табл. 3.16–3.19));

$M_o$  – масса отходов материала, кг;

$C_o$  – цена 1 кг отходов, р. (табл. 3.20);

$C_{3,ч}$  – средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, р./чел.-ч (см. табл. 3.20);

$T_{шт(ш-к)}$  – штучное или штучно-калькуляционное время черновой обработки заготовки, ч (см. прил. 16).

$C_{ц}$  – цеховые накладные расходы (для механического цеха могут быть приняты в пределах 80–100 %).

Цены и тарифные ставки рабочих, приведенные в табл. 3.16–3.21, не соответствуют реальной действительности в настоящее время и рекомендуются только в учебных целях. Они могут быть изменены и приведены в соответствие с информационным справочником "Пульс цен" и др., а также с нормативными документами, действующими на предприятиях.

Экономический эффект при сопоставлении способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, может быть определен по формуле

$$\mathcal{E}_3 = (C_{31} - C_{32})N, \quad (3.14)$$

где

$C_{31}, C_{32}$  – стоимости сопоставляемых заготовок, р.;

$N$  – годовая программа, шт.;

$\mathcal{E}_3$  – экономический эффект, р.

Таблица 3.16

## Оптовые цены на некоторые виды чугуна и стали

Виды материала	Цена, р./т
<b>Чугун:</b>	
коксовый ЛКО-ЛК5	78,9–59,5
легированный ЛХЧ1-ЛХЧ6	104,0–65,0
<b>Сталь углеродистая обыкновенная:</b>	
круглая Ø 9–250 мм	110,0–76,4
квадратная, со стороной квадрата 9–250 мм	110,0–76,4
полосовая, толщиной 4–60, шириной 12–200 мм	110,0–78,1
тонколистовая, толщиной до 3,9 мм	134,0–81,5
толстолистовая, толщиной 4–160 мм	79,9–112,0
<b>Сталь низколегированная:</b>	
круглая и квадратная, размером 90–250 мм	135,0–106,0
полосовая, шириной 12–200, толщиной 4–60 мм	136,0–109,0
тонколистовая, толщиной до 3,9 мм	170,0–111,0
толстолистовая, толщиной 4–160 мм	109,0–150,0
<b>Сталь качественная (круглая и квадратная конструкционная):</b>	
углеродистая качественная	166,0–95,0
легированная качественная	359,0–111,0
легированная высококачественная	718,0–126,0
<b>инструментальная:</b>	
углеродистая	166,0–110,0
легированная	1580,0–1410,0
быстрорежущая	5130,0–1720,0
специальная (нержавеющая, жаропрочная)	3520,0–1860,0
<b>тонколистовая толщиной от 0,5–0,75 до 3,4 мм:</b>	
углеродистая	214,0–113,0
легированная	1010,0–146,0
инструментальная	4960,0–1590,0
<b>толстолистовая, толщиной от 4–4,9 до 62–140 мм:</b>	
углеродистая	153,0–112,0
легированная	504,0–133,0
инструментальная	3640,0–1420,0

Таблица 3.17

## Оптовые цены на отливки, р./т

Вес отливки, кг	Серый чугун					Высокопрочный чугун					Углеродистая сталь				
	Группы сложности отливок														
	Простые	Несложные	Средней сложности	Сложные	Особо сложные	Простые	Несложные	Средней сложности	Сложные	Особо сложные	Простые	Несложные	Средней сложности	Сложные	Особо сложные
До 0,2	265	300	345	400	460	380	435	500	570	650	310	370	435	510	595
0,2–0,5	250	285	330	385	445	365	420	485	555	630	300	360	425	500	585
0,5–1,0	235	270	315	370	425	350	405	470	540	620	280	335	400	470	550
1–3	210	245	290	340	395	315	365	430	500	560	255	310	370	440	515
3–10	185	220	265	315	370	265	315	375	440	480	230	285	340	405	480
10–20	170	205	245	295	345	250	285	330	385	435	210	260	315	380	455
20–50	160	190	230	280	330	235	260	320	375	410	190	240	295	355	425
50–200	145	175	215	260	310	215	245	290	340	395	175	220	270	330	400
200–50	130	160	195	240	290	200	225	275	320	355	165	210	260	315	385
500–100	125	155	190	230	275	195	215	265	310	335	155	200	250	305	370

Таблица 3.18

## Оптовые цены на поковки, изготавливаемые свободной ковкой, и на горячие штамповки, р./т

Вес поковки, кг	Материал поковки											
	Сталь 15Х–50Х				Углеродистая качественная сталь 08–85				Сталь 33ХС, 38ХС, 40ХС, 18ХГТ, 30ХГТ, 25 ХГТ			
	Группы сложности поковок											
	Простые	Несложные	Сложные	Особо сложные	Простые	Несложные	Сложные	Особо сложные	Простые	Несложные	Сложные	Особо сложные
До 2	395	445	500	585	350	400	450	510	420	470	525	610
2–10	350	395	445	505	310	350	400	450	375	420	470	530
10–25	315	355	400	445	275	310	360	410	340	380	425	470
25–70	290	325	365	410	250	275	325	375	315	350	390	435
70–180	270	300	335	375	235	255	300	345	295	325	360	400
180–320	255	280	310	345	225	240	280	320	280	305	335	370
320–700	245	265	290	320	215	225	260	295	265	285	310	340
700–1000	235	250	270	295	205	215	240	270	255	270	290	315

Таблица 3.19

## Оптовые цены на штамповки, р./т

Вес поковки, кг	Материал штамповки											
	Сталь 18ХГТ, 30ХГТ, 33ХС, 38ХС, 40ХС, 25ХГТ				Сталь 20ХН-45ХН и 20ХНГР				Сталь 12ХН2			
	Группы сложности штамповок											
	Простые	Несложные	Сложные	Особо сложные	Простые	Несложные	Сложные	Особо сложные	Простые	Несложные	Сложные	Особо сложные
До 0,25	655	710	775	850	715	775	830	900	750	810	870	940
0,25–0,6	525	580	645	710	570	630	685	745	605	665	725	785
0,63–1,6	415	465	515	585	465	520	570	630	500	555	610	670
1,6–2,5	365	405	460	520	395	450	500	555	420	480	534	590
2,5–4	310	350	400	455	345	390	435	470	375	420	465	510
4–10	275	315	355	395	315	350	390	430	345	380	420	460
10–25	250	280	315	355	300	325	355	395	320	345	375	415
25–63	240	265	295	330	285	310	340	370	310	330	355	395
63–160	235	255	285	315	280	300	330	360	300	320	345	380
160–400	230	250	275	305	275	295	320	350	295	315	340	370

Таблица 3.20

## Заготовительные цены на одну тонну стружки черных и цветных металлов

Тип отходов	Стоимость, р.
Стальная и чугунная стружка для доменных печей	14,4
Лом и отходы легированной стали	29,8
Лом и отходы шарикоподшипниковой стали	38,0
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка)	146,0
Латунная стружка	319,0
Лом и отходы оловянной бронзы	443,0

Таблица 3.21

## Часовые тарифные ставки рабочих-станочников машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий I группы

Разряд	Часовая тарифная ставка, р./чел.-ч			
	на холодных работах		на теплых работах	
	Сдельщики	Повременщики	Сдельщики	Повременщики
I	0,415	0,399	0,436	0,419
II	0,438	0,426	0,460	0,447
III	0,479	0,438	0,503	0,460
IV	0,550	0,472	0,578	0,496
V	0,638	0,549	0,670	0,576
VI	0,742	0,638	0,779	0,670

Данные экономической оценки стоимости заготовки следует записать в таблицу (табл. 3.22).

Таблица 3.22

Данные для расчета стоимости заготовки по вариантам

Общие исходные данные	Наименования показателей	1-й вариант	2-й вариант
Материал детали	Вид заготовки		
Масса детали, кг	Класс точности		
Годовая программа	Степень сложности		
Такт выпуска	Группа стали		
Тип производства	Исходный индекс		
	Масса заготовки, кг		
	Стоимость 1 т заготовок		
	Стоимость 1 т стружки		
	Коэффициент использования материала $K_{и.м}$		

*Примечание.* Звездочкой отмечены показатели, характерные для заготовки – штамповки.

В таблицу могут быть включены и другие данные, характерные для выбранных заготовок.

Стоимость выбранной заготовки необходимо учесть при расчете технологической себестоимости механической обработки детали (см. п. 3.4.8). Выбрав метод получения заготовки, необходимо определить ее форму и поместить соответствующий эскиз в ПЗ. Окончательно размеры заготовки должны быть определены после расчета припусков на обработку (см. п. 3.5.1).

### 3.4.5. Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительного положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, выбор режущих и измерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки.

Исходными данными для выбора баз являются: чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы детали в машине.

К основным принципам и требованиям, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз, относятся следующие:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т. е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. В случае несовпадения технологических и конструкторских баз возникает необходимость пересчета допусков, заданных конструктором, в сторону их уменьшения;

- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы. Для соблюдения этого принципа часто создают базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда у валов и т. п.);

- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

**Выбор баз на завершающих операциях техпроцесса.** Выбор технологических баз начинается с изучения функций, которые выполняют поверхности детали.

На этой основе по чертежу определяют поверхности, относительно которых задано большинство других поверхностей. На чертежах такие поверхности могут быть указаны в технических требованиях.

Результатом анализа является определение баз на заключительных операциях технологического процесса.

Анализу подвергаются те операции заключительной обработки, которые обеспечивают окончательное получение требуемых размеров и заданное взаимное расположение поверхностей.

После того как конструкторский чертеж детали скорректирован (отработан на технологичность), определены базы заключительных операций техпроцесса и окончательные (технологические) размеры, приступают к определению баз и размеров на остальных операциях, и в первую очередь на 1-й операции.

**Выбор баз для первой операции.** На 1-й операции в качестве баз применяются обычно черные необработанные поверхности – "черновые базы". В данном случае решается следующий круг вопросов:

- обеспечивается ли правильность расположения отработанных поверхностей деталей относительно необработанных. Особое внимание следует обращать на поверхности, остающиеся необра-

ботанными и связанные размерами с обработанными поверхностями. Если имеются такие поверхности, то именно их следует использовать в качестве баз на этапе 1-й операции;

- осуществляется подготовка технологических баз для дальнейших операций. При этом комплект поверхностей, который будет использоваться в качестве технологической базы на дальнейших операциях, желательно обработать за один установ;

- обеспечиваются возможно малые и равномерные припуски, особенно при обработке наиболее точных и ответственных поверхностей деталей, изготавливаемых из отливок и поковок.

Равномерность припусков на обрабатываемых поверхностях позволяет более полно использовать возможности режущего инструмента, повышать производительность и точность обработки. Поэтому, чтобы обеспечить наименьший и равномерный припуск на обрабатываемой поверхности, базирование по этой поверхности применяется не только на первой операции, но и при выполнении таких операций, как бесцентровое шлифование, бесцентровое обтачивание, развертывание качающимися развертками, свободное протягивание и т. п.

В единичном и мелкосерийном производстве равномерного распределения припусков на отливках и поковках обычно добиваются путем применения разметки заготовок с последующей выверкой их положения на станке при первой операции обработки или выверкой положения режущего инструмента по разметочным рискам и кернам.

*Требования, предъявляемые к черновой базе:*

1. Черновая база должна быть характерной для данной детали поверхностью, т. е. занимать возможно более определенное положение относительно других поверхностей детали.

2. Для повышения точности базирования и надежности закрепления заготовки в приспособлении черновая база должна иметь достаточные размеры, возможно более высокую степень точности (правильность и постоянство формы и взаимного расположения баз у различных заготовок) и наименьшую шероховатость поверхности.

3. В качестве черновых баз не следует использовать поверхности, на которых расположены в отливках прибыли и литники, а также швы, возникшие в местах разъемов опок и пресс-форм в отливках под давлением и штампов в поковках и штамповках. Поверхности, находящиеся при формовке внизу,

в качестве баз обычно предпочтительнее верхних поверхностей, так как последние имеют более рыхлое строение и большое количество раковин.

4. Черновая база должна обеспечивать при закреплении устойчивое положение детали при отсутствии ее деформации.

5. В связи с тем что точность необработанных поверхностей, применяемых в качестве черновых баз, всегда ниже точности обработанных поверхностей, а шероховатость выше шероховатости обработанных поверхностей, "черновая база" должна использоваться при обработке заготовки только один раз при выполнении первой операции. При всех последующих операциях используют уже обработанные базы.

**Выбор баз на промежуточных операциях.** Базы для промежуточных операций (между первой и последней операциями) выбирают с учетом следующих соображений:

1. Необходимо использовать принцип "кратчайшего пути", согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые связаны с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью.

2. Нецелесообразно менять базы без достаточных на то оснований, так как переход от одной базы к другой всегда вносит дополнительные ошибки во взаимное расположение поверхностей, обработанных на первой и второй базах. Эта ошибка равна погрешности взаимного расположения баз.

3. Следует переходить при смене баз от менее точной базы к более точной, так как обработка детали на каждом предшествующем этапе подготавливает ее к обработке на последующих этапах и при переходе от одного этапа к другому должна повышаться не только точность размеров и формы, но и точность взаимного расположения.

4. После термообработки необходимо выбирать базы, играющие роль черновых баз. Используя их, следует вводить новые обработанные базы, которыми пользовались ранее. При исправлении базы восстанавливать базирование необходимо таким образом, чтобы новые базы были связаны со старыми более строгими размерами и соотношениями, в противном случае нарушится вся достигнутая ранее координация поверхностей, что повлечет за собой увеличение операционных припусков.

Следуя вышеизложенным рекомендациям, в курсовом проекте необходимо обосновать выбор технологических баз для всех операций техпроцесса механической обработки детали, показать их на картах эскизов, используя условные обозначения (см. прил. 4, 5), разработать основные схемы базирования и привести их в ПЗ (примеры оформления см. в прил. 17).

#### ***3.4.6. Выбор методов обработки поверхностей заготовок***

Выбор методов обработки поверхностей (МОП) зависит от конфигурации детали, ее габаритов, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки. Необходимое качество поверхностей в машиностроении достигается преимущественно обработкой резанием. В зависимости от технических требований, предъявляемых к детали, и типа производства выбирают один или несколько возможных методов обработки и тип соответствующего оборудования. Выбор конкретного МОП производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки, которые приведены в учебной и справочной литературе [1, 24, 27].

Обработку поверхностей можно выполнять в один или несколько переходов, на каждом из которых используют свой метод обработки. Если заготовка имеет высокую степень точности, то в ряде случаев обработку можно начинать с чистовых методов.

В тех случаях, когда к точности размеров, связывающих поверхности детали, к качеству этих поверхностей не предъявляются высокие требования, можно ограничиться однократной получистовой и даже черновой обработкой.

Каждый последующий метод обработки одной элементарной поверхности должен быть точнее предыдущего. Точность размера на каждом последующем черновом переходе обработки обычно повышается на один – три квалитета, на каждом последующем чистовом – на один-два квалитета.

Заданная точность поверхности может быть обеспечена, как правило, несколькими вариантами сочетаний методов обработки поверхностей (с различным числом переходов). При прочих равных условиях предпочтительным считается тот вариант, который содержит меньшее число переходов обработки данной поверхности.

Следует стремиться к тому, чтобы в маршрутах обработки различных поверхностей, принадлежащих одной детали, повторяемость методов обработки была максимальной. Это сокращает номенклатуру необходимого режущего инструмента и позволяет проектировать технологический процесс по принципу концентрации операций с максимальным совмещением обработки различных поверхностей, уменьшает число установов, повышает производительность и точность обработки [24].

При проектировании технологического процесса изготовления детали нередко совмещают по времени обработку нескольких поверхностей заготовки, что может оказать определяющее влияние на выбор МОП. Поэтому окончательный выбор метода обработки каждой конкретной поверхности производят в комплексе с выбором методов обработки других поверхностей детали.

Для ориентировочного выбора маршрута обработки элементарной поверхности в зависимости от качества и шероховатости можно использовать специальные таблицы [1, 24].

Варианты выбираемых МОП можно записать в виде таблицы (табл. 3.23).

Таблица 3.23

Варианты методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость	Вариант		
				1-й	2-й	3-й

### ***3.4.7. Составление технологического маршрута обработки детали***

На этом этапе решаются следующие задачи: составляется общий план обработки детали, устанавливается последовательность выполнения технологических операций, уточняются методы обработки поверхностей детали и технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, определяется содержание операций.

Технологический маршрут разрабатывают на основе выбранного аналога – типового технологического или заводского (базового) маршрута.

Типовой маршрут является основой проектируемого. При изменении и дополнении типового маршрута руководствуются следующими методическими соображениями: при анализе типового и при проектировании рабочего маршрута необходимо разделить технологический процесс на этапы в соответствии с принципом возрастания точности этапа (т. е. от черновых к чистовым). Различают три укрупненные стадии обработки:

- черновую (обдирочную);
- чистовую;
- отделочную.

В процессе *черновой* обработки снимают основную массу металла и обеспечивают взаимное расположение поверхностей. Эта стадия связана с действием силовых и температурных факторов, что влияет на точность окончательной обработки. После черновой обработки часто вводят операции термообработки для снятия внутренних напряжений. Целью *чистовой* обработки является достижение заданной точности поверхностей детали и точности их взаимного расположения. Основное назначение *отделочной* обработки – обеспечение требуемой точности и шероховатости особо точных поверхностей.

Следует отметить, что разделение технологического маршрута на три стадии обработки не во всех случаях целесообразно. Например, при обработке детали с повышенными точностью и качеством поверхностей технологический процесс начинается с чистовой и даже с окончательной обработки. Если заготовка жесткая, поверхности небольших размеров могут быть окончательно обработаны в начале техпроцесса.

При разработке технологического маршрута необходимо также учитывать требования к взаимному расположению поверхностей. Если, например, предъявляются высокие требования к соосности поверхностей вращения, следует стремиться к их обработке в одной операции с одной установкой.

В общем случае обработку поверхностей детали рекомендуют производить в следующей последовательности:

- 1) создать базы для дальнейшей обработки, т. е. обработать поверхности, принятые за базы, используя первые операции технологического маршрута; при этом черновыми базами служат необработанные поверхности;

2) обработать поверхности, где дефекты недопустимы, и поверхности, определяющие контур и габариты детали. На этом этапе следует снимать основную массу металла;

3) определить дальнейшую последовательность обработки поверхностей, руководствуясь системой простановки размеров. Прежде всего желательно обрабатывать те поверхности, относительно которых координировано большинство других поверхностей;

4) обработать все поверхности детали в последовательности, обратной их точности; самая точная поверхность обычно обрабатывается в последнюю очередь. При обработке точных поверхностей, как правило, технологический маршрут разбивается на черновой, чистовой и отделочный этапы;

5) учесть влияние термической обработки на технологический процесс путем введения дополнительных операций, так как после термообработки точность понижается (например, у зубчатых колес – на одну степень точности) вследствие коробления, окисления и т. п.;

6) выполнить обработку неосновных поверхностей (нарезание резьбы, снятие фасок и пр.) на стадии чистовой обработки;

7) обработать легко повреждаемые поверхности (наружные зубчатые или шлицевые поверхности и т. п.);

8) предусмотреть операции технического контроля перед сложными и дорогостоящими операциями, а также в конце обработки.

Сведения о характеристиках обрабатываемой поверхности и методах ее обработки, о детали в целом дают возможность выбрать тип станка, вид инструмента, средства и методы контроля. Наличие сложных поверхностей означает необходимость применения оборудования определенного назначения (зубофрезерного, копировального и т. п.).

Для проведения контрольных операций предусматривается выбор средств технического контроля и измерений.

Контрольно-измерительные средства выбирают в зависимости от точности контролируемого параметра и конструктивных особенностей изделия.

Выбор средств технологического оснащения уточняется при определении содержания разрабатываемых операций.

В курсовом проекте для обработки деталей рекомендуется составить несколько вариантов (два-три) маршрута техпроцесса, сравнить их и выбрать оптимальный. Варианты могут различаться по технологическим базам, последовательности обработки поверхностей и выполнения операций, применяемому оборудованию (станок), режущему инструменту и др.

Критериями выбора варианта техпроцесса являются:

- обеспечение заданной точности по всем размерам и заданных параметров шероховатости;
- число, сложность и ориентировочная стоимость технологического оборудования и оснастки (режущих инструментов, приспособлений, средств измерений и др.);
- организационно-технические характеристики производства (потребности в производственных площадях, рабочих и др.);
- величины суммарных погрешностей, от которых зависят припуски на обработку.

Рекомендуемые принципы построения технологического маршрута не являются обязательными и требуют творческого подхода в каждом конкретном случае. Разработанный технологический маршрут обработки детали оформляется на бланках МК по ГОСТ 3.1118–82 (формы 1 и 1б).

Типовые технологические маршруты обработки деталей различных классов приведены в разд. 5.

### ***3.4.8. Экономическое обоснование выбора варианта технологического маршрута обработки детали***

Прежде чем принять окончательное решение о методах и последовательности обработки отдельных поверхностей детали и составить технологический маршрут изготовления всей детали, необходимо произвести расчеты экономической эффективности отдельных вариантов и выбрать из них наиболее рациональный для данных условий производства. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции.

Технологическая себестоимость механической обработки  $C_0$  (коп./ч) [4] вычисляется как

$$C_0 = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт(ш-к)}}{60 \cdot K_B}, \quad (3.15)$$

где

$C_{п.з}$  – часовые приведенные затраты, коп./ч;

$T_{шт(ш-к)}$  – штучное или штучно-калькуляционное время на операцию, мин (можно определить по укрупненным нормативам) (см. прил. 16);

$K_b$  – коэффициент выполнения норм, обычно равный 1,3.

Часовые приведенные затраты можно определить по формуле

$$C_{п.з} = C_з + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_з), \quad (3.16)$$

где

$C_з$  – основная и дополнительная зарплата с начислениями, коп./ч;

$C_{ч.з}$  – часовые затраты по эксплуатации рабочего места, коп./ч;

$E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений (в машиностроении  $E_n = 0,15$ );

$K_c, K_з$  – удельные часовые капитальные вложения соответственно в станок и здание, коп./ч.

Приведенную годовую экономию, или экономический эффект на программу,  $\mathcal{E}_r$  (в рублях) [4] можно определить как

$$\mathcal{E}_r = \frac{(C_o' - C_o'') \cdot N}{100}, \quad (3.17)$$

где

$C_o', C_o''$  – технологическая себестоимость сравниваемых операций, коп.

Если кроме стоимости механической обработки в вариантах изготовления деталей изменяются и другие статьи, например расходы на специальную оснастку, материалы, заготовки, то эти изменения также следует учитывать при расчете экономического эффекта. В этом случае общий экономический эффект  $\mathcal{E}$  (в рублях) [4] вычисляется по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_r \pm \Sigma \Delta_з, \quad (3.18)$$

где

$\Sigma \Delta_з$  – экономия или перерасход по другим статьям (знак "плюс" – дополнительная экономия, знак "минус" – перерасход).

Расчет по приведенной выше формуле (3.16) достаточно трудоемок, требует большого количества исходных данных, что ограничивает количество принимаемых к сравнению вариантов. Поэтому для определения приведенных затрат по операциям, выполняемым на универсальном оборудовании, рекомендуется пользоваться заранее рассчитанными их значениями [20]. Использование табличных значений  $C_{п.з}$  [20] значительно ускоряет и упрощает расчеты, хотя точность их ниже. Однако на данном этапе экономического обоснования варианта операции эту точность можно считать достаточной.

Результаты определения технологических себестоимостей по отличающимся операциям сопоставляемых вариантов (с учетом стоимости заготовки) необходимо представить в виде таблицы (табл. 3.24).

Следует отдать предпочтение варианту с наименьшей технологической себестоимостью обработки и принять его к дальнейшей подробной разработке (расчет стоимости заготовки см. в п. 3.4.4).

Таблица 3.24

Сравнение вариантов техпроцесса

Наименование позиций	1-й вариант	2-й вариант
Вид заготовки Стоимость заготовки ( $C_3$ ), коп. Отличающиеся операции механической обработки: <i>Операция 1</i> Технологическая себестоимость обработки ( $C_{o1}$ ), коп. <i>Операция 2</i> Технологическая себестоимость обработки ( $C_{o2}$ ), коп. Остальные операции по обоим вариантам одинаковы		
Технологическая себестоимость обработки по вариантам ( $\Sigma C_o'$ , $\Sigma C_o''$ )		
Годовой экономический эффект (в рублях) $\Delta_r = \frac{(\Sigma C_o'' - \Sigma C_o') N}{100}$		

### **3.4.9. Выбор средств технологического оснащения**

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное); технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); средства механизации и автоматизации технологических процессов.

Выбор технологического оборудования – станков зависит: от метода обработки; возможности обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали; габаритных размеров заготовок и размеров обработки; мощности, необходимой для резания; производительности и себестоимости в соответствии с типом производства; возможности приобретения и цены станка; степени удобства и безопасности работы станка.

При выборе станков особое внимание следует обратить на использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ), являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в серийном машиностроении.

Станки с ЧПУ применяются при токарных, сверлильных, фрезерных, расточных и других операциях. В настоящее время широкое распространение получают многооперационные станки с ЧПУ для обработки корпусных деталей – обрабатывающие центры (ОЦ). Как правило, в станках такого типа смена инструмента производится автоматически: либо путем поворота револьверной головки, либо при помощи автооператора. На обрабатывающих центрах выполняют фрезерование, сверление, растачивание, резьбонарезание и др.

Применение станков с ЧПУ целесообразно:

- для трудоемких операций;
- если время обработки существенно меньше вспомогательного;
- при производстве сложных деталей малыми партиями;
- при обработке деталей с большим количеством размеров, имеющих высокие требования к точности;
- при обработке деталей, требующих строгого контроля точности изготовления оснастки;
- когда стоимость оснастки составляет значительную часть стоимости обработки;

- для изделий, период изготовления которых не позволяет использовать обычные методы изготовления оснастки;
- для операций, у которых расходы на контроль составляют часть общей стоимости операции.

Решение о применении станков с ЧПУ часто принимается с учетом одного или двух из этих условий.

Кроме универсальных, специальных и специализированных станков в условиях крупносерийного и массового производства используются высокопроизводительные агрегатные станки и автоматические линии.

При разработке курсового проекта нередко возникает необходимость задействования агрегатных станков, для которых определяют технологическую характеристику на основе разрабатываемого техпроцесса.

Выбор оборудования производится с учетом следующих коэффициентов:

- коэффициента загрузки оборудования  $\eta_z = \frac{m_p}{m_n}$ , где  $m_p$  – расчетное количество станков на операции;  $m_n$  – принятое количество станков; для массового производства  $\eta_z = 0,65–0,77$ ; для серийного –  $0,75–0,85$ ; для мелкосерийного и единичного –  $0,8–0,9$  (см. п. 3.2.3);

- коэффициента использования станков по основному времени:  $\eta_o = \frac{t_o}{t_{шт}}$  – для массового производства;  $\eta_o = \frac{t_o}{t_{шк}}$  – для серийного производства, где  $t_o$ ,  $t_{шт}$ ,  $t_{шк}$  – соответственно основное, штучное и штучно-калькуляционное время, которое можно определить по укрупненным нормативам (см. прил. 16). Необходимо стремиться к значению  $\eta_o = 1$ . Высокий коэффициент использования оборудования по основному времени характеризует рациональное построение операций. Коэффициент использования станков по основному времени колеблется в широких пределах: от  $0,35–0,45$  (для обработки на протяжных станках) до  $0,85–0,95$  (для непрерывного фрезерования на карусельных и барабанно-фрезерных станках).

По коэффициентам загрузки  $\eta_z$  и использования станков по основному времени  $\eta_o$  строят два графика, которые служат на-

глядным средством оценки технико-экономической эффективности разработанного техпроцесса.

Графики выполняются в виде гистограммы, т. е. прямоугольников с различными высотами, соответствующими коэффициентам  $\eta_3, \eta_6$ , расположенных последовательно по горизонтальной оси в порядке выполнения технологического процесса. Пример графика приведен на рис. 3.4. На графике линией, параллельной горизонтальной оси, показан средний коэффициент загрузки оборудования. Построенные графики следует проанализировать по всем операциям техпроцесса и дать свои предложения по его улучшению.

Модели и технические характеристики станков, выпускаемых серийно и используемых в разрабатываемом техпроцессе, приводятся в каталогах и справочниках [12, 13, 26, 27].

Общие правила выбора технологического оборудования установлены ГОСТ 14.305; ГОСТ 14.306.

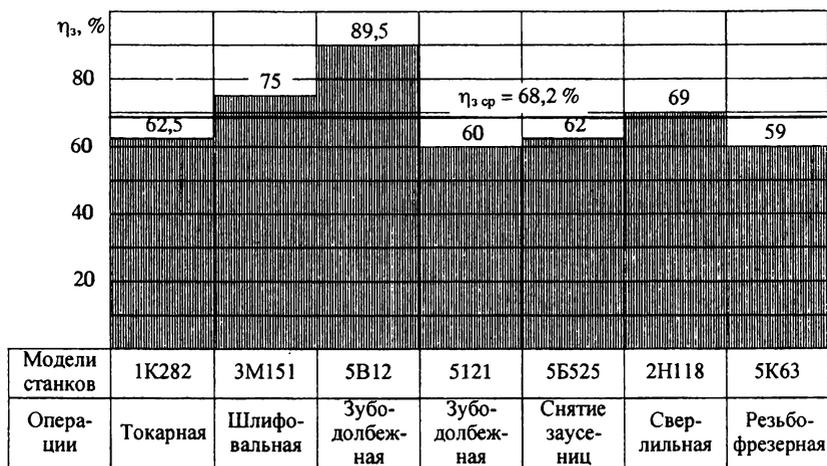


Рис. 3.4. График загрузки оборудования

*Режущий инструмент* выбирают с учетом:

- требования максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
- метода обработки;
- размеров обрабатываемых поверхностей;

- точности обработки и качества поверхности;
- промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- обрабатываемого материала;
- стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
- стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная);
- типа производства.

Размеры мерного режущего инструмента (зенкеров, разверток, протяжек и т. д.) определяют исходя из промежуточных размеров обработки, размеры других инструментов (резцов, расточных борштанг и т. д.) – из расчета на прочность и жесткость.

*Средства технического контроля* выбирают с учетом требований к точности измерений, достоверности контроля, а также его стоимости и трудоемкости, требований по технике безопасности и удобству работы.

При выборе *приспособлений* необходимо учитывать конструкцию изготавливаемой детали, ее размеры, материал, точность, схему базирования, вид технологической операции и организационную форму процесса изготовления.

В случае применения стандартной оснастки рекомендуется пользоваться альбомами типовых конструкций и соответствующими стандартами [3, 5]. Специальная оснастка разрабатывается на основе составленных технических заданий. Методика проектирования специального приспособления приведена в разд. 4.

При поточной организации производства средства технологического оснащения располагаются в соответствии с последовательностью выполнения операций техпроцесса и специализацией рабочих мест.

### **3.4.10. Разработка технологических операций обработки детали**

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции, т. е. последовательность и описание переходов; устанавливаются средства технологического оснащения (или составляются задания на их проектирование), а также режимы резания; определяются настроечные размеры, нормы времени, точность обработки и разряд работы; подбирается состав СОЖ; разрабатываются операционные эскизы и схемы наладок.

Отдельная технологическая операция проектируется на основе принятого технологического маршрута, схемы базирования и закрепления детали при этой операции, сведений о точности и шероховатости поверхностей до и после обработки на данной операции, припуске на обработку, в зависимости от такта выпуска или размера партии деталей (т. е. от типа производства). При уточнении содержания операции окончательно устанавливается, какие поверхности детали будут обрабатываться в процессе данной операции.

При разработке последовательности и содержания переходов необходимо стремиться к сокращению времени обработки за счет рационального выбора средств технологического оснащения, числа переходов, совмещения основного и вспомогательного времени.

По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы операций делятся на одно- и многоместные, а по числу инструментов – на одно- и многоинструментальные. Последовательная и параллельная работа инструментов при обработке поверхностей заготовки, а также последовательное и параллельное расположение заготовок относительно режущих инструментов определяют схемы операций. Могут быть операции с последовательным, параллельным и последовательно-параллельным выполнением переходов. Схемы операций (обработки) приведены в прил. 18.

От числа устанавливаемых заготовок для одновременной обработки зависит длительность их установки и съема. В отличие от многоместных одноместные схемы обработки исключают совмещение времени на установку и снятие заготовки. При последовательных схемах нельзя совместить переходы в процессы обработки, а при параллельных имеется такая возможность. Основное время, которое принимается в расчете, равно времени наиболее длительного перехода или их сумме.

При проектировании технологических процессов используют два принципиально различных направления: концентрацию операций, т. е. объединение нескольких операций в одну; дифференциацию операций, т. е. расчленение одной операции на несколько простейших.

В единичном, мелкосерийном и иногда в среднесерийном производстве концентрация операций осуществляется на универсальных станках с последовательной обработкой ряда поверхностей у одной детали (последовательная концентрация).

В крупносерийном и массовом производстве концентрация операций осуществляется на многоинструментальных, многошпиндельных, специализированных и агрегатных станках, позволяющих выполнять ряд операций одновременно с незначительной затратой времени (параллельная концентрация).

Для серийного производства характерен принцип дифференциации операций.

Практически при любом типе производства возможны различные сочетания в схеме построения операций.

В пояснительной записке необходимо привести обоснование применяемых схем и принципов построения операций.

Заполнять технологические карты для каждой операции (ОК и КЭ) следует в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1404–86 и ГОСТ 3.1105–84 (см. п. 2.3).

### **3.5. Технологические расчеты**

Для решения технологических задач по обеспечению заданных требований в курсовом проекте необходимо выполнить расчеты следующих параметров: припусков, точности обработки, технологических размерных цепей, режимов резания, технических норм времени. Методика выполнения расчетов изложена ниже.

По результатам расчетов требуется внести изменения, если необходимо, в содержание технологических операций, а также записать расчетные данные в маршрутные и операционные карты. Затем следует окончательно оформить операционные карты и карты эскизов.

Рекомендуется выделить одну операцию, для которой следует произвести все вышеуказанные технологические расчеты, и в дальнейшем для нее же разработать конструкцию приспособления.

### **3.5.1. Расчет припусков**

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей и экономию материальных ресурсов.

Припуски могут быть общие, операционные и промежуточные.

*Промежуточный* – припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

*Операционный* – припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

*Общий* – припуск, который удаляется в процессе механической обработки поверхности для получения заданных чертежом размеров и определяется разностью размеров исходной заготовки и детали. Общий припуск равен сумме операционных (промежуточных) припусков. На припуск устанавливают допуск.

Имеются два основных метода определения припусков на механическую обработку поверхности: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный).

#### **Расчетно-аналитический метод определения припусков.**

При этом методе рассчитывают минимальный припуск на основе анализа факторов, влияющих на формирование припуска, с использованием нормативных материалов. Методика расчета припусков аналитическим методом подробно изложена в литературе [4, 6], которой следует пользоваться при проектировании техпроцесса.

В курсовом проекте следует выполнить расчет припусков аналитическим способом на одну поверхность, к которой предъявляются высокие требования точности и качества.

Для удобства расчет следует производить в виде таблицы. Данные таблицы используются непосредственно для построения графической схемы расположения общих и межоперационных припусков и допусков (рис. 3.5). Пример заполнения таблицы представлен ниже (табл. 3.25) и подробнее рассмотрен в методических указаниях [11].

Таблица 3.25

Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности вала  $\varnothing 60K6$

Технологические переходы обработки поверхности вала	Элементы припуска, Мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $D_p$ , мм	Допуск $T$ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\epsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}^{\text{пр}}$	$2Z_{\max}^{\text{п}}$
Заготовка	200	250	2230			66,258	2,6	66,3	68,9		
Черновое обтачивание	50	50	134	0	2-2680	60,898	0,3	60,9	61,2	5,4	7,7
Чистовое обтачивание	25	25	89	0	2-234	60,430	0,19	60,43	60,62	0,47	0,58
Черновое шлифование	10	20	45	0	2-139	60,152	0,046	60,152	60,198	0,278	0,422
Чистовое шлифование	5	15		0	2-75	60,002	0,019	60,002	60,021	0,150	0,177
ИТОГО:											

*Порядок расчета припусков на обработку:*

1. Пользуясь рабочим чертежом и картой технологического процесса, записать в таблицу (см. табл. 3.25) технологические переходы обработки рассчитываемой поверхности в последовательности их выполнения – от заготовки до окончательной обработки.

2. Записать значения  $R_z$ ,  $h$ ,  $\rho$ ,  $T$  и  $\epsilon$ . ( $R_z$  – высота неровностей профиля поверхности,  $h$  – глубина дефектного слоя [27],  $\rho$  – пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки).

К пространственным отклонениям относятся кривизна осей, коробление поверхностного слоя, увод и непараллельность осей, перпендикулярность осей и поверхностей, отклонения от соосности ступеней валов и отверстий, эксцентricность внешних поверхностей относительно отверстий и т. п. Суммарное значение пространственных отклонений определяется по справочным таблицам [4, 27], а также по соответствующим ГОСТам на разные виды заготовок (ГОСТ 7505–89; ГОСТ 7829–70; ГОСТ 7062–90; ГОСТ 26645–85).

Допуски на операционные размеры и размеры заготовки Т принимаются по таблицам в соответствии с качеством вида обработки.

Допуски на размеры заготовки назначаются по таблицам [27]:

- на литые заготовки – по ГОСТ 26645–85 (см. табл. 3.13);
- на штампованные поковки – по ГОСТ 7505–89 (см. табл. 3.10);
- на поковки – по ГОСТ 7062–90, 7829–70;
- на заготовки из проката – по ГОСТ 2590–71.

Погрешность установки детали на выполняемом переходе  $\epsilon_y$  складывается из погрешности базирования  $\epsilon_6$  и погрешности закрепления  $\epsilon_3$ . Погрешность базирования  $\epsilon_6$  определяется расчетным путем в зависимости от схемы базирования [27]. Погрешность закрепления  $\epsilon_3$  устанавливается по табличным данным [4, 27]. Погрешность установки  $\epsilon_y$  детали в приспособлении на выполняемой операции определяется путем суммирования  $\epsilon_6$  и  $\epsilon_3$ : При обработке поверхностей вращения

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2}. \quad (3.19)$$

При обработке плоских поверхностей, параллельных установочной базе,

$$\epsilon_y = \epsilon_6 + \epsilon_3. \quad (3.20)$$

3. Определить расчетные минимальные припуски  $Z_{imin}$  на обработку по всем технологическим переходам по формулам (табл. 3.26).

4. Записать для конечного перехода в графу "Расчетный размер" (см. табл. 3.25) наименьший предельный размер детали по чертежу  $A_{imin}$  для наружных поверхностей ( $A_{imax}$  – для внутренних). Для поверхностей вращения – диаметр  $D_{imin}$  ( $D_{imax}$ ).

Затем для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением (вычитанием – для внутренних поверхностей) к наименьшему (наибольшему) предельному размеру по чертежу расчетного припуска  $Z_{imin}$  по формулам:

- для наружных поверхностей

$$A_{i-1min} = A_{imin} + Z_{imin}; \quad (3.21)$$

- для поверхности вращения

$$D_{i-1min} = D_{imin} + Z_{imin}; \quad (3.22)$$

- для внутренних поверхностей
 
$$A_{i-1\max} = A_{i\max} - Z_{i\max}; \quad (3.23)$$

- для поверхности вращения
 
$$D_{i-1\max} = D_{i\max} - 2 Z_{i\max}. \quad (3.24)$$

Таблица 3.26

Расчетные формулы для определения припуска  $Z_{i\min}$  на обработку

Вид обработки	Расчетная формула
Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей	$Z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y_i}$
Параллельная обработка противоположных плоскостей	$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y_i})$
Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения	$2Z_{i\min} = 2\left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}\right)$
Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстия	$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1})$
Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка)	$2Z_{i\min} = 2R_{z_{i-1}}$

Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением (или вычитанием) к расчетному размеру расчетного припуска  $Z_{i\min}$  следующего за ним смежного перехода.

5. В графу "Допуск" записать значения допусков  $T$  на заготовку, на чертежный размер детали и на промежуточные размеры в соответствии с квалитетами, получаемыми на технологических переходах [8, 28].

6. Записать в соответствующую графу наименьшие предельные размеры ( $D_{\min}$  – для наружных поверхностей вращения) по всем технологическим переходам, округляя их в большую сторону (или в меньшую). Округление производится до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

7. Определить наибольшие предельные размеры ( $D_{\max}$  – для наружных поверхностей вращения) прибавлением допуска  $T$  к округленному наименьшему предельному размеру.

8. Записать предельные значения припусков  $Z_{\max}^{np}$  как разность наибольших предельных размеров (или наименьших для

внутренних поверхностей) и  $Z_{\min}^{np}$  как разность наименьших (или наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

Для наружных поверхностей вращения

$$2Z_{\max}^{np} = D_{\max_{i-1}} - D_{\max_i}; \quad (3.25)$$

$$2Z_{\min}^{np} = D_{\min_{i-1}} - D_{\min_i}. \quad (3.26)$$

9. Определить общие припуски  $Z_{\max_0}^{np}$  и  $Z_{\min_0}^{np}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку, и записать их внизу соответствующих граф:

$$Z_{\max_0}^{np} = \sum_{i=1}^n Z_{\max_i}^{np}; \quad (3.27)$$

$$Z_{\min_0}^{np} = \sum_{i=1}^n Z_{\min_i}^{np}. \quad (3.28)$$

10. Проверить правильность произведенных расчетов по формулам

$$Z_{\max_i}^{np} - Z_{\min_i}^{np} = T_{i-1} - T_i; \quad (3.29)$$

$$Z_{\max_0}^{np} - Z_{\min_0}^{np} = T_{\text{заг}} - T_{\text{д}}, \quad (3.30)$$

где

$T_{\text{заг}}$  и  $T_{\text{д}}$  – допуски на заготовку и на деталь.

Для цилиндрических поверхностей

$$2Z_{\max_i}^{np} - 2Z_{\min_i}^{np} = T_{i-1} - T_i; \quad (3.31)$$

$$2Z_{\max_0}^{np} - 2Z_{\min_0}^{np} = T_{\text{заг}} - T_{\text{дет}}. \quad (3.32)$$

11. Рассчитать общий номинальный припуск  $Z_{0 \text{ ном}}$  по формулам:

- для наружных поверхностей вращения

$$2Z_{0 \text{ ном}} = 2Z_{0 \text{ мин}} + e_i D_{\text{заг}} - e_i D_{\text{д}}; \quad (3.33)$$

- для внутренних поверхностей вращения

$$2Z_{0 \text{ ном}} = 2Z_{0 \text{ мин}} + ESD_{\text{заг}} - ESD_{\text{д}}, \quad (3.34)$$

где

$e_i D_{\text{з}}$ ;  $e_i D_{\text{д}}$  – верхние предельное отклонение диаметров заготовки детали;

$ESD_3$ ,  $ESD_d$  – нижнее предельное отклонение диаметров заготовки и детали.

12. После определения припусков, допусков и промежуточных размеров изобразить схему расположения припусков, допусков и промежуточных размеров, как показано на примере (см. рис. 3.5).

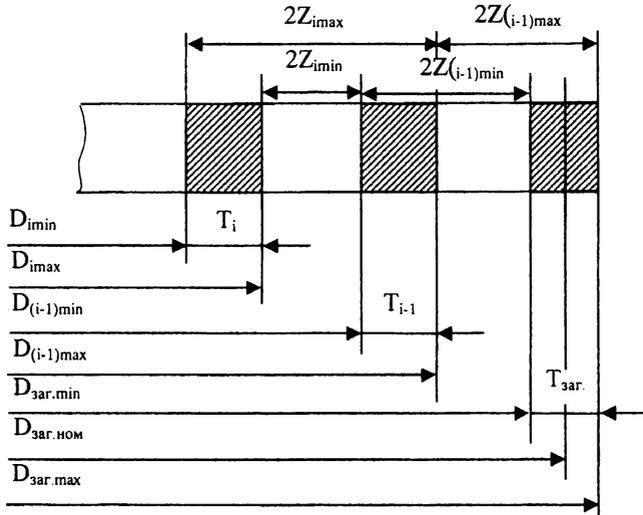


Рис. 3.5. Схема графического расположения припусков и допусков на обработку наружной поверхности вала

**Опытно-статистический (табличный) метод расчета припусков.** На остальные обрабатываемые поверхности детали (т. е. на все, кроме одной, рассчитываемой аналитически) припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры определяются по справочным данным (ГОСТ 26645–85; ГОСТ 7505–89; ГОСТ 7062–90; ГОСТ 7820–70) [7, 27] (см. также табл. 3.9; 3.10; 3.13–3.15) и сводятся в таблицу (табл. 3.27).

На основании расчета величин припусков определяются предельные размеры заготовки и окончательно оформляется рабочий чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТов (см. п. 2.2.1, рис. 2.1).

Таблица 3.27

Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Предельное отклонение, мм	
				верхнее	нижнее
1					
...					
n					

### 3.5.2. Расчет точности механической обработки

Целью расчета точности является определение наиболее рациональных путей обеспечения заданных требований.

Как известно, заданная точность может быть обеспечена технологическими методами и с помощью систем автоматического регулирования точности. Они позволяют устранить влияние на точность обработки большинства возмущающих факторов (износа и тепловых деформаций инструмента и станка, геометрических неточностей станка, упругих деформаций системы "станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД)").

Расчет основных составляющих суммарной погрешности позволяет наметить пути и методы повышения точности механической обработки в зависимости от конкретных величин погрешностей и конкретной производственной обстановки.

Расчет точности производится для одной операции (перехода) чистовой обработки (токарной, фрезерной, шлифовальной и т. п.) по 6–11-му квалитетам. При обработке партий деталей на настроенных станках суммарные погрешности обработки определяют по законам теории вероятности следующими уравнениями:

- для диаметральных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_n)^2 + (1,73\sum\Delta_{ст})^2 + (1,73\Delta_T)^2}; \quad (3.35)$$

- для линейных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{E_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_n)^2 + (1,73\sum\Delta_{ст})^2 + (1,73\Delta_T)^2}, \quad (3.36)$$

где

$\Delta_y$  – погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием сил резания;

$\Delta_n$  – погрешности настройки;

$\Delta_n$  – погрешности, вызываемые размерным износом режущих инструментов;

$\Sigma\Delta_{ст}$  – погрешности обработки, возникающие вследствие геометрических неточностей станка;

$\Delta_t$  – погрешности обработки, вызываемые температурными деформациями технологической системы;

$E_y$  – погрешность установки заготовок;

$K=1,73$  – коэффициент относительного рассеяния случайных величин для закона равной вероятности.

Все величины составляющих погрешностей можно определить по справочникам [27, 28]. Методика расчета суммарной погрешности обработки приведена в методических рекомендациях [15].

### ***3.5.3. Расчет технологических размерных цепей***

Размерной цепью по ГОСТ 16319–80 называют совокупность размеров, расположенных по замкнутому контуру, определяющих взаимное расположение поверхностей или осей поверхностей одной детали или нескольких деталей сборочного соединения.

В зависимости от назначения размерные цепи, в соответствии с ГОСТом, подразделяются на конструкторские и технологические. Конструкторские размерные цепи имеют место в сборочных единицах, машинах; их и называют сборочными.

Технологические размерные цепи, которые образуются при механической обработке деталей, определяют связь операционных размеров, допусков и припусков на всех стадиях технологического процесса изготовления. Для каждого этапа последовательно выполняемой обработки необходимо рассчитать операционные размеры, которые вместе с операционными припусками образуют размерные цепи. Составляющие их звенья имеют отклонения в пределах допуска. Вследствие замкнутости размерных цепей допуски на отдельно взятые размеры не могут устанавливаться произвольно, вне связи с другими составляющими звеньями. Поэтому возникает необходимость расчета данного вида размерных цепей с целью определения взаимосвязанных до-

пусков на операционные размеры. При этом возможны различные варианты задач. Например, определение или проверка размера и допуска на него, которые выдерживаются при обработке непосредственно, а через другие размеры детали; определение или проверка минимального припуска на окончательную обработку и т. д.

Чтобы построить технологическую размерную цепь, необходимо воспользоваться разработанным технологическим процессом, а именно эскизами операций. При этом вычерчивается эскиз детали, на котором даются операционные припуски на обработку, чертежные и операционные размеры с допусками. Построение размерной цепи начинается с определения исходного или замыкающего звена, в зависимости от поставленной задачи – прямой или обратной. Исходным или замыкающим звеном технологической размерной цепи может быть: чертежный размер с регламентированным допуском, непосредственно не выдерживаемый при обработке; операционный припуск на обработку, исходя из минимального значения которого следует установить операционные размеры по всем этапам обработки. При решении прямой (проектной) задачи этот размер является исходным, при решении обратной (проверочной) – замыкающим. Определив исходное или замыкающее звено, последовательно пристраивают к нему составляющие звенья, замыкая цепь.

Для решения технологических размерных цепей могут использоваться два метода: максимума-минимума и вероятностный.

Преимущество *метода максимума-минимума* заключается в простоте и малой трудоемкости вычислений. Расчет на максимум-минимум целесообразен для расчета коротких размерных цепей, имеющих до четырех составляющих звеньев.

В курсовом проекте необходимо рассчитать один операционный размер (выбрать самостоятельно) или припуск на чистовую (окончательную) обработку (прямую или обратную задачу) методом максимума-минимума.

Порядок решения размерных цепей рассмотрим на примерах.

Пример 1 (прямая задача).

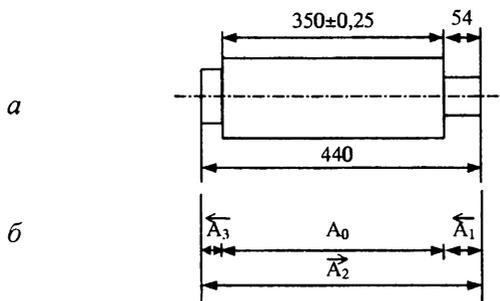


Рис. 3.6. Расчетная схема размерной цепи:  
а – эскиз детали; б – схема размерной цепи

Определить, какие размеры и с какой точностью необходимо выдержать при обработке, чтобы обеспечить заданный размер  $350 \pm 0,25$  мм (рис. 3.6, а).

Устанавливаем исходное звено  $A_0 = 350$  мм. Координата середины поля его допуска  $\Delta_{A_0} = 0$ , величина допуска  $T_{A_0} = 0,5$  мм. Пользуясь эскизом детали, строим схему размерной цепи (рис. 3.6, б). При этом устанавливаем увеличивающие и уменьшающие звенья. На схеме над соответствующими размерными буквами обозначаем увеличивающие звенья стрелками, направленными вправо ( $\vec{A}$ ), уменьшающие ( $\overleftarrow{A}$ ) – влево. Общее число звеньев (включая замыкающее)  $m = 4$ .

По схеме размерной цепи (рис. 3.6,б) получили

$$A_0 = \sum_{i=1}^p \vec{A}_i - \sum_{i=1}^p \overleftarrow{A}_i = A_2 - (A_1 + A_3), \quad (3.37)$$

где

$p$  – количество увеличивающих звеньев;

$r$  – количество уменьшающих звеньев.

Рассчитываем номинальные размеры всех составляющих звеньев:  $A_1 = 54$  мм,  $A_2 = 440$  мм,  $A_3 = 36$  мм.

Определяем среднюю величину допуска составляющих звеньев:

$$T_{cp} = \frac{T_{A_0}}{m-1} = \frac{0,5}{3} \approx 0,17 \text{ мм.} \quad (3.38)$$

Такая величина среднего допуска для размеров детали по справочным данным соответствует допускам 10-го качества точности для чистового обтачивания [27].

Поэтому с учетом номинальных значений выдерживаемых размеров, а также условий обработки принимаем:  $T_{A1} = 0,12$  мм,  $T_{A2} = 0,25$  мм,  $T_{A3} = 0,1$  мм.

Проверяем правильность подбора допусков:

$$T_{A0} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{Ai} = 0,12 + 0,25 + 0,1 = 0,47 \text{ мм.} \quad (3.39)$$

Заданное условие расчета не выполняется. Необходимо выбрать регулирующее звено, размер которого должен быть больше принятого. В качестве регулирующего выбирается звено  $A_2 = 440$  мм, для которого допуск можно увеличить. Допуск регулирующего звена определяется по формуле

$$T_{A2} = T_{A0} - \sum_{i=1}^{m-2} T_{Ai} = 0,5 - (0,12 + 0,1) = 0,28 \text{ мм.} \quad (3.40)$$

Выполняем проверку по формуле (3.39):

$$T_{A0} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{Ai} = 0,12 + 0,28 + 0,1 = 0,5 \text{ мм.}$$

Определяем координаты середины полей допусков составляющих звеньев. Принимаем для звеньев  $A_1$  и  $A_3$  одностороннее расположение допусков по Н10 (в "плюс"), т. е.  $\Delta_{A1} = 0,06$  мм,  $\Delta_{A3} = 0,05$  мм.

Координату середины поля допуска звена  $A_2$  получаем из уравнений:

$$\Delta_{A0} = \Delta_{A2} - (\Delta_{A1} + \Delta_{A3}); \quad (3.41)$$

$$\Delta_{A2} = \Delta_{A0} + \Delta_{A1} + \Delta_{A3} = 0 + 0,06 + 0,05 = 0,11 \text{ мм.} \quad (3.42)$$

Определяем предельные отклонения составляющих звеньев:

$$BO_{A1} = \Delta_{A1} + \frac{T_{A1}}{2} = 0,06 + \frac{0,12}{2} = 0,12 \text{ мм;} \quad (3.43)$$

$$HO_{A1} = \Delta_{A1} - \frac{T_{A1}}{2} = 0,06 - \frac{0,12}{2} = 0; \quad (3.44)$$

$$BO_{A2} = \Delta_{A2} + \frac{T_{A2}}{2} = 0,11 + \frac{0,28}{2} = 0,25 \text{ мм;} \quad (3.45)$$

$$HO_{A2} = \Delta_{A2} - \frac{T_{A2}}{2} = 0,11 - \frac{0,28}{2} = -0,03 \text{ мм;} \quad (3.46)$$

$$BO_{A_3} = \Delta_{A_3} + \frac{T_{A_3}}{2} = 0,05 + \frac{0,1}{2} = 0,10 \text{ мм}; \quad (3.47)$$

$$HO_{A_3} = \Delta_{A_3} - \frac{T_{A_3}}{2} = 0,05 - \frac{0,1}{2} = 0. \quad (3.48)$$

Окончательно получаем:  $A_1 = 54^{+0,12}$  мм;  $A_2 = 440^{+0,25}_{-0,03}$  мм,  
 $A_3 = 36^{+0,10}$  мм.

*Пример 2* (обратная задача). Для детали, рассматриваемой в предыдущем примере (см. рис. 3.6, а), обрабатываемой по тому же техпроцессу, заданы следующие линейные размеры:  $A_1 = 85^{+0,16}$  мм,  $A_2 = 450_{-0,25}$  мм,  $A_3 = 35^{+0,12}$  мм. Необходимо определить, с какой точностью будет выдержана длина большой ступени  $A_0$  при заданной схеме обработки.

По схеме размерной цепи (рис. 3.6, б) выявляем замыкающее, увеличивающие и уменьшающие звенья. Номинальное значение замыкающего звена определяем по формуле (3.37):

$$A_0 = -A_1 + A_2 - A_3 = -85 + 450 - 35 = 330 \text{ мм.}$$

Определяем координату середины поля допуска замыкающего звена по формуле (3.41)

$$\Delta_{A_0} = \Delta_{A_2} - (\Delta_{A_1} + \Delta_{A_3}) = -0,125 - (0,08 + 0,06) = -0,265 \text{ мм.}$$

Величину допуска замыкающего звена определяем по формуле (3.39)

$$T_{A_0} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{A_i} = 0,16 + 0,25 + 0,12 = 0,53 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения замыкающего звена

$$BO_{A_0} = \Delta_{A_0} + \frac{T_{A_0}}{2} = -0,265 + \frac{0,53}{2} = 0; \quad (3.49)$$

$$HO_{A_0} = \Delta_{A_0} - \frac{T_{A_0}}{2} = -0,265 - \frac{0,53}{2} = -0,53 \text{ мм.} \quad (3.50)$$

Окончательно получаем  $A_0 = 330_{-0,53}$  мм.

Аналогичным способом можно решить задачу по определению припуска на обработку, который является звеном определенной размерной цепи. В простейшем случае это размеры на предшествующие ( $A_n$ ) и выполняемые ( $A_b$ ) операции или переходы. Так как обычно размеры  $A_b$  и  $A_n$  (составляющие звенья)

предписываются к обязательному выполнению, то припуск всегда выполняет роль замыкающего звена ( $Z$ ) (рис. 3.7)

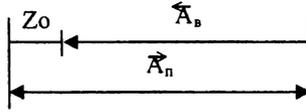


Рис. 3.7. Размерная цепь с припуском – замыкающим звеном

Уравнение размерной цепи в этом случае следующее:

$$Z_o = \vec{A}_n - \vec{A}_b \quad (3.51)$$

При данных условиях для расчетов в качестве исходного значения задают  $Z_{\min}$  (по справочным рекомендациям).

В реальных технологических процессах расчет размерной цепи может иметь особенности. При изготовлении деталей с отделочными операциями (суперфиниш, хонингование, притирка, полирование и др.) рекомендуется задавать определенную величину припуска, необходимую для этих отделочных процессов. Для расчета операционных размеров в размерных цепях в этом случае можно принять припуск  $Z$  за составляющее звено, а окончательный размер детали  $A_{во}$  – за замыкающее. Тогда размерная цепь будет иметь следующий вид:

$$[A_b] = A_n - Z. \quad (3.52)$$

В операционных размерных цепях диаметральных размеров более удобно использовать в качестве звеньев не диаметры, а радиусы. Такой расчет обеспечит точный результат. Для нахождения радиуса по известному диаметру необходимо брать половину номинала диаметра и половину отклонений с теми же знаками. Например, диаметр соответствует  $2A = 30_{-0,1}$ , тогда радиус будет  $A = 15_{-0,05}$ ; для диаметра  $2B = 20_{+0,08}^{+0,04}$  радиус  $B = 10_{+0,02}^{+0,04}$ .

*Вероятный метод* описан в книге А. А. Маталина [12].

### 3.5.4. Расчет режимов резания

Режимы резания определяются глубиной резания  $t$ , мм; подачей на оборот  $S_o$ , мм/об и скоростью резания  $V$ , м/мин.

Режимы резания оказывают влияние на точность и качество обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки.

В курсовом проекте необходимо рассчитать для одной из операций:

- глубину, подачу и скорость резания по формулам теории резания;

- суммарную силу резания и эффективную мощность электродвигателя главного привода станка.

На все остальные операции техпроцесса режимы резания назначаются по нормативам предприятий или справочникам [17, 22, 28].

Исходными данными при выборе режимов резания являются:

- 1) сведения о заготовке (вид заготовки, материал и его характеристика, величина припусков, состояние поверхностного слоя);

- 2) характеристика обрабатываемой детали (форма, размеры, допуски на обработку, требования к состоянию поверхностного слоя, к шероховатости);

- 3) параметры режущего инструмента (типоразмер, материал режущей части, геометрические параметры);

- 4) паспортные данные станков (техническая характеристика).

Таким образом, режим резания устанавливается исходя из особенностей обрабатываемой детали, характеристики режущего инструмента и станка.

В первую очередь устанавливается глубина резания  $t$ . При однопроходной обработке на настроенном станке глубина резания равна припуску. При многопроходной обработке глубина резания на первом рабочем ходе берется максимальная, на последующем – уменьшается с целью достижения заданной точности. Обычно на черновом этапе удаляется до 70% припуска, а на чистовые этапы оставляют не более 30%.

Подача  $S_0$  назначается максимально допустимой [27]. При черновой обработке ее величина ограничивается жесткостью и способом крепления обрабатываемой детали, прочностью и жесткостью инструмента, прочностью механизма подачи станка.

При чистовой обработке  $S$  определяется заданной точностью и шероховатостью обработки; величину ее выбирают по нормативам либо рассчитывают в соответствии с указанными параметрами.

Найденное значение подачи корректируют по паспорту станка.

Скорость резания рассчитывают по формулам теории резания (расчетно-аналитический метод) [28] или устанавливают по нормативам (табличный метод), исходя из условий выполнения обработки. При определении скорости резания ориентируются на среднюю экономическую стойкость инструмента [27, 28].

По скорости резания определяют частоту вращения шпинделя или число двойных ходов (стола или ползуна). Эти величины согласовывают и корректируют с учетом паспорта станка.

После назначения режимов резания подсчитывают суммарную силу резания и по ней эффективную мощность. Последнюю сравнивают с мощностью станка и окончательно корректируют режимы резания.

Назначение режимов для многоинструментной обработки имеет свои особенности [4].

Для многоинструментной обработки при назначении режимов резания в зависимости от метода обработки необходимо согласовать работу режущих инструментов, участвующих в выполнении данной технологической операции.

При многоинструментной обработке на одношпиндельных или многошпиндельных станках (полуавтоматах) режимы резания назначаются следующим образом. Для каждого инструмента устанавливают глубину резания и подачу так же, как и для одноинструментной обработки.

Для блока режущих инструментов находят наименьшую лимитирующую подачу в соответствии с паспортными данными станка. Далее определяют инструмент, при отдельной работе которого потребовалась бы наименьшая скорость резания. Этот инструмент называется лимитирующим по скорости резания.

Вначале выделяют из комплекта несколько инструментов, которые могут быть лимитирующими. Для каждого из этих инструментов определяют коэффициент  $\lambda$  времени резания:

$$\lambda = \frac{l}{l_{p.x}}, \quad (3.53)$$

где

$l$  – путь резания данного инструмента;

$l_{p.x}$  – путь рабочего хода инструментального блока.

Стойкость каждого выделенного инструмента рассчитывают по формуле

$$T = T_m \cdot \lambda, \quad (3.54)$$

где

$T_m$  – условно-экономическая стойкость лимитирующих инструментов данной наладки, учитывающая число инструментов в наладке, их типы и размеры, равномерность их загрузки и другие факторы.

Значение  $T_m$  определяется по нормативным данным [28].

Для выделенных инструментов, которые могли бы быть лимитирующими, с помощью нормативных данных определяют по стойкости скорость резания (так же, как для одноинструментной обработки). Наименьшая скорость резания будет у лимитирующего инструмента.

При обработке деталей на агрегатных станках расчет режимов резания должен соответствовать технологическим параметрам силовых головок (наибольшему усилию подачи, эффективной мощности и др.) и обеспечивать работу режущих инструментов с заданной стойкостью. Стойкость режущих инструментов принимают примерно равной времени одной рабочей смены. Поэтому рекомендуемые для механической обработки деталей на универсальном оборудовании скорости резания должны быть снижены на 10–30%. При тяжелых условиях резания и малой жесткости системы СПИД можно допустить и большее снижение скорости резания.

Все расчетные, справочные и нормативные параметры режимов резания по всем операциям рекомендуется записать в виде таблицы (табл. 3.28) и использовать в последующих расчетах

технических норм времени. Кроме этого результаты расчета режимов резания заносят также в операционные карты.

Таблица 3.28

Параметры режимов резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	S <sub>0</sub> , мм/об	S, мм/мин	N, об/мин	V, м/мин	Ne, кВт

### 3.5.5. Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы (операции) при определенных организационно-технических условиях.

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях серийного и массового производств устанавливаются расчетно-аналитическим методом:

1. В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени  $T_{ш-к}$ :

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}. \quad (3.55)$$

2. В массовом производстве определяется норма штучного времени  $T_{шт}$ :

$$T_{шт} = t_0 + t_в + t_{об} + t_{от}, \quad (3.56)$$

где

$T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время на партию деталей, мин;

$N$  – количество деталей в настроенной партии, шт.;

$t_0$  – основное время, мин;

$t_в$  – вспомогательное время, мин.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{у.с}} + t_{\text{з.о}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{из}}, \quad (3.57)$$

где

$t_{\text{у.с}}$  – время на установку и снятие детали, мин;

$t_{\text{з.о}}$  – время на закрепление и открепление детали, мин;

$t_{\text{уп}}$  – время на приемы управления, мин;

$t_{\text{из}}$  – время на измерение детали, мин;

$t_{\text{об}}$  – время на обслуживание рабочего места, мин.

Время на обслуживание рабочего места  $t_{\text{об}}$  в массовом и серийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание  $t_{\text{орг}}$  и времени на техническое обслуживание  $t_{\text{тех}}$  рабочего места:

$$t_{\text{об}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}, \quad (3.58)$$

где

$t_{\text{от}}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Нормирование операции осуществляется в соответствии с выбранными методами обработки.

В курсовом проекте требуется привести аналитический расчет основного времени  $t_0$  только для одной операции – той, для которой были ранее рассчитаны режимы резания. Для всех остальных операций основное время можно установить по нормативным справочникам или по базовому технологическому процессу.

*Основное* (технологическое) время  $t_0$  рассчитывается по всем переходам обработки с учетом совмещения переходов (для станочных работ) по формуле

$$t_0 = \frac{l \cdot i}{S_m}, \quad (3.59)$$

где

$l$  – расчетная длина обрабатываемой поверхности (расчетная длина хода инструмента или заготовки в направлении подачи), мм;

$i$  – число рабочих ходов;

$S_m$  – минутная подача инструмента, мм/мин.

В общем случае расчетная длина обрабатываемой поверхности

$$l = l_o + l_{вр} + l_n + l_{сх}, \quad (3.60)$$

где

$l_o$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм;

$l_{вр}$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_n$  – длина подвода инструмента к заготовке, мм;

$l_{сх}$  – длина перебега (схода) инструмента, мм.

Длину  $l_o$  берут из чертежа обрабатываемой поверхности заготовки;  $l_{вр}$ ,  $l_n$ ,  $l_{сх}$  определяют по нормативам ( $l_n = l_{сх} \approx 1 \dots 2$  мм). Значение  $l_{вр}$  можно определить расчетным путем по схеме обработки или по справочнику [28]. Расчет основного времени  $t_o$  для различных методов обработки типовых поверхностей деталей можно выполнить по формулам, представленным в специальной литературе [16].

*Вспомогательное* время устанавливается по нормативам для каждого перехода [4, 18, 19].

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$t_{оп} = t_o + t_{в}. \quad (3.61)$$

Оперативное время  $t_{оп}$  может быть определено также по формулам для различных схем обработки [24].

Вспомогательное время может быть перекрываемым основным временем, частично перекрываемым и неперекрываемым.

*Перекрываемое* вспомогательное время – время выполнения рабочим тех приемов, которые осуществляются в период автоматической работы оборудования. Это время в норму штучного времени не включают. *Неперекрываемое* время – норма времени выполнения рабочим приемов при остановленном оборудовании и времени, затрачиваемого на машинно-ручные приемы.

Вспомогательное время может составлять до 20–35 % штучного времени.

При последовательном выполнении переходов для определения оперативного времени необходимо просуммировать все значения основного и вспомогательного времени по всем переходам данной операции и только после этого определять остальные составляющие нормы штучного времени. При параллельном вы-

полнении переходов основное и вспомогательное время на операцию определяют по длительному переходу обработки.

Время технического обслуживания  $t_{\text{тех}}$  устанавливается в процентах от основного или оперативного времени (до 4–6%).

Время организационного обслуживания  $t_{\text{орг}}$  устанавливается в процентах от оперативного времени (до 4–8%).

Время перерывов в работе на отдых  $t_{\text{от}}$  устанавливается в процентах от оперативного времени ( $\approx 2,5\%$ ).

Подготовительно-заключительное время  $t_{\text{п-з}}$  – период времени, затрачиваемого на подготовку исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и на приведение их в порядок после окончания смены или выполнения этой операции. Это время определяют по нормативам времени, в которые входят наладка средств технологического оснащения; ознакомление с работой (чертеж, карта техпроцесса, инструкции); получение материалов, инструментов и т. д.; после окончания обработки партии заготовок – сдача изготовленных деталей, снятие со станка технологической оснастки, приведение в рабочее состояние оборудования и т. д. Подготовительно-заключительное время определяется по нормативам в зависимости от оборудования и характера работ [4].

При многоинструментной параллельной, параллельно-последовательной или последовательной обработке (см. прил. 18) основное время рассчитывается по формуле (3.59) для каждого суппорта. Общее основное время  $t_{\text{о.общ}}$  определяют в зависимости от схемы обработки.

При последовательной обработке

$$t_{\text{о.общ}} = \sum_{i=1}^h t_{\text{о.с.посл}}, \quad (3.62)$$

где

$h$  – число суппортов или количество последовательно работающих инструментов, шт.;

$t_{\text{о.с.посл}}$  – основное время для каждого суппорта или каждого инструмента, мин.

При параллельной обработке

$$t_{\text{о.общ}} = t_{\text{о.с.пар.мах}}, \quad (3.63)$$

где

$t_{\text{о.с.пар.мах}}$  – наибольшее основное время одного из суппортов или одного из инструментов, мин.

При параллельно-последовательной обработке

$$t_{o.обш} = \sum_{i=1}^h t_{o.c.пос} + t_{o.c.пар.мах} \cdot \quad (3.64)$$

Другие составляющие нормы штучного времени для многоинструментной обработки те же, что и для обработки одним инструментом.

Имеются специальные нормативы, по которым устанавливаются режимы резания и определяются отдельные элементы нормы штучного времени при работе на станках с ЧПУ. Использование станков с ЧПУ открывает возможности для многостаночной работы, нормирование которой рассматривается в специальной литературе [28].

Результаты расчетов технических норм времени необходимо свести в таблицу (табл. 3.29).

Трудоемкость операций

$$T_{шт(ш-к)} = \sum_{i=1}^n t_{ш(ш-к)}, \quad (3.65)$$

где

$n$  – количество операций.

Таблица 3.29

Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер и наименование операции	$t_o$	$t_n$			$t_{об}$		$t_{от}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	$n$ , шт	$t_{ш-к}$
		$t_{yc}$	$t_{yn}$	$t_{из}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$					

Разряд выполняемой работы определяется по тарифно-квалификационному справочнику [10]. При укрупненных расчетах можно пользоваться приведенными ниже данными (табл. 3.30).

Все рассчитанные значения технических норм времени следует занести в маршрутную и операционную карты технологической документации.

Таблица 3.30

Средние разряды работ станочников-операторов

Профессия	Разряд	
	Массовое производство	Серийное производство
Автоматчик	2	–
Доводчик-притирщик	2	3–4
Долбежник	2	3–4
Заточник	3–4	4
Зуборезчик	2	3–5
Зубошлифовщик	–	3–4
Полировщик	2	3
Протяжчик	2	3
Резчик	2	2
Резьбофрезеровщик	2	3
Резьбошлифовщик	–	2–5
Сверловщик	2	3–4
Строгальщик	–	2
Токарь	2	3–5
Токарь-карусельщик	2	3–5
Токарь-расточник	2	3–5
Токарь-револьверщик	2	3
Токарь-полуавтоматчик	2–3	3–4
Фрезеровщик	2	3–4
Шевинговальщик	2	3
Шлифовщик	2–3	3–5

## **4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ**

В курсовом проекте должна присутствовать конструкторская разработка станочного зажимного приспособления (пневматического или гидравлического), в которой должны быть представлены результаты самостоятельной творческой работы студента. По согласованию с руководителем зажимное приспособление может быть заменено на контрольное. Приспособление разрабатывается на одну из станочных операций (рекомендуется та операция, для которой выполнены расчеты режимов резания в п. 3.5.3).

### **4.1. Разработка технического задания**

Проектирование специальных средств технологического оснащения в курсовом проекте следует начинать с подготовки технического задания в соответствии с ГОСТ 15.001–73. Этапы разработки задания одинаковы при проектировании любых средств технологического оснащения, а содержание работ конкретизируется применительно к условиям курсового проекта.

Прежде чем приступать к разработке ТЗ и непосредственному проектированию конструкции, студент должен тщательно изучить типовые конструкции аналогичного назначения по технической литературе [3, 5], а также имеющуюся технологическую оснастку на заводе – базе прохождения технологической практики.

Техническое задание следует разрабатывать на основании операционной карты и карты эскизов.

В ТЗ должны быть указаны:

- служебное назначение данного приспособления;
- обеспечение точности установки, постоянства положения заготовки относительно стола станка и режущего инструмента;
- удобство установки, закрепления и снятия заготовки, время установки заготовки (не должно превышать 0,05 мин);
- программа выпуска;
- установочные и присоединительные размеры по ГОСТ 6М81Г;
- входные данные о заготовке, поступающей на операцию;
- выходные данные о данной заготовке на операции;

- необходимые технические параметры станка;
- характеристика режущего инструмента (размеры, материал режущей части);
- количество переходов, режимы резания и штучное время на операцию.

## **4.2. Расчет и проектирование станочного зажимного приспособления**

Изучив известные конструкции и исходные данные, представленные в ТЗ (см. п. 4.1), студент приступает к проектированию приспособления.

На этапе курсового проектирования перед студентом ставится задача – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую требованиям эксплуатации конструкцию приспособления [30].

Проектирование рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. Эскизная проработка (прорисовка) конструкции, компоновка приспособления.

С учетом накопленного промышленного опыта прорабатывают несколько вариантов будущей компоновки приспособления, анализируют их и принимают оптимальный вариант. На основе выбранного варианта компоновки разрабатывают и приводят в ПЗ принципиальную расчетную схему приспособления, учитывающую тип, число и размеры установочных и зажимных устройств, вид и конструкцию направляющих элементов, число одновременно устанавливаемых в приспособлении заготовок, способ установки и закрепления приспособления на станке, технику удаления стружки и условия безопасной эксплуатации.

2. Расчет приспособления.

Рассчитывают составляющие силы резания (или используют рассчитанные в п. 3.5.3), уточняют их направление и точки приложения на расчетной схеме приспособления.

Рассчитывают силу зажима, учитывая массу заготовки и составляющие силы резания. По найденной силе зажима в зависимости от конструкции заготовки, вида оборудования и типа производства выбирают зажимные механизмы и рассчитывают параметры силового привода. Определяют погрешность установки и погрешность базирования заготовки в приспособлении. Обосновывают технические требования к его изготовлению, исходя из точности приспособления. При необходимости производят проверочные расчеты на прочность и жесткость конструктивных элементов приспособления.

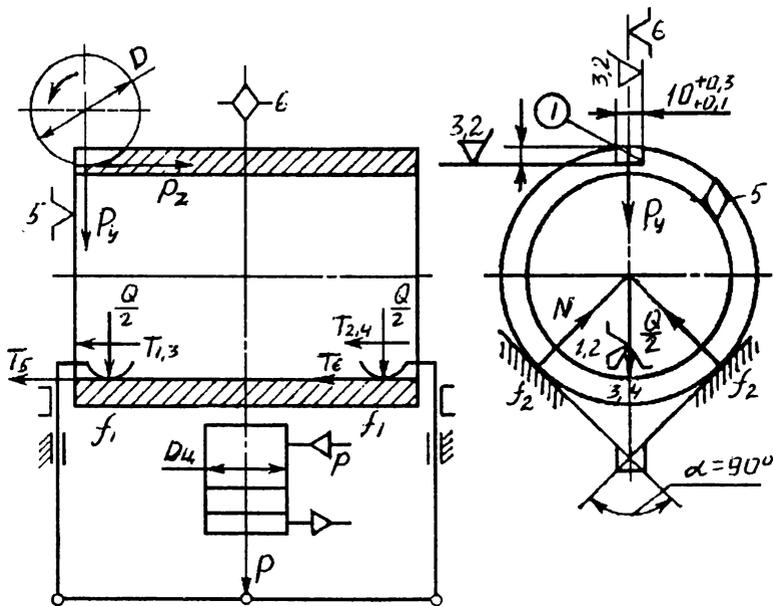
### 3. Разработка чертежа общего вида приспособления.

Согласно принципиальной расчетной схеме вычерчивают контур обрабатываемой заготовки (М 1:1) в тонких линиях. Заготовка считается условно прозрачной. Главный вид на чертеже заготовки должен соответствовать рабочему положению заготовки при обработке на станке. Затем вычерчивают контуры выбранных установочных элементов приспособления (штырей, планок, пальцев, призм, оправок и т. п.). При размещении опор следует учитывать схему базирования заготовки (см. п. 2.2.3, КЭ прил. 17), направление действия сил резания и зажима, а также действующие стандарты на детали и узлы станочных приспособлений. После этого вычерчивают контуры зажимного устройства и направляющие детали приспособления, определяющие положение режущего инструмента (кондукторные втулки, установовы). Наносят контуры корпуса приспособления, объединяя в одно целое все элементы; при этом, по возможности, используются стандартные формы. Вычерчивают остальные проекции приспособления, необходимые разрезы и сечения. Проставляют размеры, допуски и посадки на основные сопряжения деталей, определяющие точность обработки, наладочные размеры, а также габаритные, контрольные и координирующие размеры с отклонениями, характеризующими расстояние между осями кондукторных втулок, пальцев и т. д.

В соответствии с ЕСКД составляют спецификацию деталей приспособления, над штампом чертежа записывают техническую характеристику и технические требования на изготовление и сборку приспособления.

Пример оформления сборочного чертежа приспособления для фрезерования паза в корпусе приведен в прил. 19. На примере этого же приспособления рассмотрим силовой расчет. Для этого необходимо разработать принципиальную расчетную схему (рисунок; см. п. 4.2) [30].

При обработке заготовки, установленной на данную призму с упором на торец, вследствие действия составляющих силы резания  $P_z$  и  $P_y$  возможны два случая:



Принципиальная расчетная схема приспособления для фрезерования паза

1) сдвиг заготовки под действием силы  $P_z$ , который предотвращается силами трения, возникающими в местах контакта заго-

товки с боковыми поверхностями призмы ( $T_1 - T_4$ ) и прихватами ( $T_5, T_6$ );

2) отрыв (опрокидывание) заготовки под действием сил  $P_z$  и  $P_y$  (или момента резания), который предупреждается силой зажима  $Q$ , равномерно распределенной на два прихвата.

Рассчитав для обоих случаев значение силы зажима  $Q$ , выбирают большее и принимают его за расчетную величину необходимой зажимной силы.

Приведем расчет силы зажима и силового привода приспособления для 1-го случая [30].

Допустим, масса заготовки незначительна. Соответственно этому условию можно записать (рисунок):

$$P_z < T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6. \quad (4.1)$$

Определим силы трения:

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = N \cdot f_2 = \frac{Q + P_y}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} f_2; \quad (4.2)$$

$$T_5 = T_6 = \frac{Q}{2} f_1. \quad (4.3)$$

Введя коэффициент запаса надежности закрепления  $K$  и подставив значения сил трения, после преобразований получим

$$K P_z \leq Q f_1 + \frac{Q + P_y}{\sin \frac{\alpha}{2}} f_2. \quad (4.4)$$

Отсюда

$$Q = \frac{K P_z \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - P_y f_2}{f_1 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + f_2} \quad (4.5)$$

где

$f_1 = 0,2$  – коэффициент трения при контакте заготовки с прихватами;

$f_2 = 0,16$  – коэффициент трения при контакте обработанной поверхности заготовки с установочными поверхностями призмы [27].

Коэффициент запаса определим по формуле [3]

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (4.6)$$

где  $K_0 = 1,5$ ;  $K_1 = 1$ ;  $K_2 = 1,6$ ;  $K_3 = 1,2$ ;  $K_4 = 1$ ;  $K_5 = 1$ ;  $K_6 = 1$ .

Таким образом,  $K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,9$ .

Зная значение силы  $P_z = 1596$  Н, определим  $P_y = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 1596 = 798$  Н.

Сила закрепления заготовки

$$Q = \frac{2,9 \cdot 1596 \cdot 0,7 - 798 \cdot 0,16}{0,2 \cdot 0,7 + 0,16} = 10366 \text{ Н.}$$

Силу на штоке пневмоцилиндра определяют из условия равновесия сил, приложенных к зажимному устройству (рисунок; см. п. 4.2)

$$P = 2 \left( \frac{Q}{2} \right) + 2P_{\text{пр}}, \quad (4.7)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – сила сжатия пружины.

Таким образом,

$$P = 10366 + 2 \cdot 100 = 10566 \text{ Н.}$$

Принимая давление воздуха в пневмосети  $p = 0,4$  МПа и КПД  $\eta = 0,85$ , определяем диаметр пневмоцилиндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10566 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 199 \text{ мм.} \quad (4.8)$$

По справочной таблице [2, 28] принимаем  $D_{\text{ц}} = 200$  мм. Остальные параметры пневмоцилиндра принимают по ГОСТ 15608–81.

## 5. ТИПОВЫЕ МАРШРУТЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

### 5.1. Валы

Валы весьма различны по служебному назначению, конструктивной форме, размерам и материалам. В общем машиностроении применяются валы бесступенчатые и ступенчатые, цельные и пустотелые, гладкие и шлицевые, валы-шестерни, а также комбинированные валы в разнообразном сочетании из приведенных выше групп. Технологию при разработке технологического процесса изготовления вала приходится решать многие однотипные задачи, поэтому целесообразно пользоваться типовыми разработками техпроцессов.

#### *5.1.1. Основные технологические задачи*

**Точность размеров.** Точными поверхностями валов являются, как правило, его опорные шейки, поверхности под детали, передающие крутящие моменты. Обычно они выполняются по 6–7-му квалитетам.

**Точность формы.** Наиболее точно регламентируется форма в продольном и поперечном сечениях у опорных шеек под подшипники качения. Допуск на круглость и на погрешность профиля в продольном сечении не должен превышать 0,25–0,5 допуска на диаметр в зависимости от типа и класса точности подшипника.

**Точность взаимного расположения поверхностей.** Для большинства валов главным является выполнение соосности рабочих поверхностей, а также перпендикулярности рабочих торцов базовым поверхностям. Как правило, эти величины составляют от 0,01 до 0,1 мм.

**Качество поверхностного слоя.** Обычно шероховатость базовых поверхностей  $R_a = 2,5–0,63$  мкм, для рабочих торцов  $R_a = 3,2–1,25$  мкм, для остальных неотчетливых поверхностей  $R_z = 12,5–6,3$  мкм. Валы могут быть сырыми и термообработанными. Твердость поверхностных слоев, способ термообработки могут быть весьма разнообразными в зависимости от конструктивного назначения валов. Наличие остаточных напряжений в поверхностных слоях, их знак регламентируются редко и в основном для очень ответственных валов.

Пример. Для рассматриваемого вала (рис. 5.1):

- точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6–8-го квалитетов ( $\varnothing 40K6$ ,  $\varnothing 46e8$ );
- точность формы регламентируется на опорных шейках ( $\varnothing 40K6$ ) – не более 0,006 мм по величине круглости и погрешности профиля в продольном сечении;
- точность взаимного расположения задается величиной радиального биения (не более 0,02 мм) относительно базовых поверхностей БиВ, перпендикулярность рабочих торцов – величиной торцового биения (не более 0,016 мм) относительно базовых поверхностей БиВ;
- шероховатость поверхности цилиндрических поверхностей  $R_a = 1,25$  мкм, торцовых  $R_a = 2,5$  мкм. Шлицевой участок подвергается термообработке ТВЧ HRC 50–55.

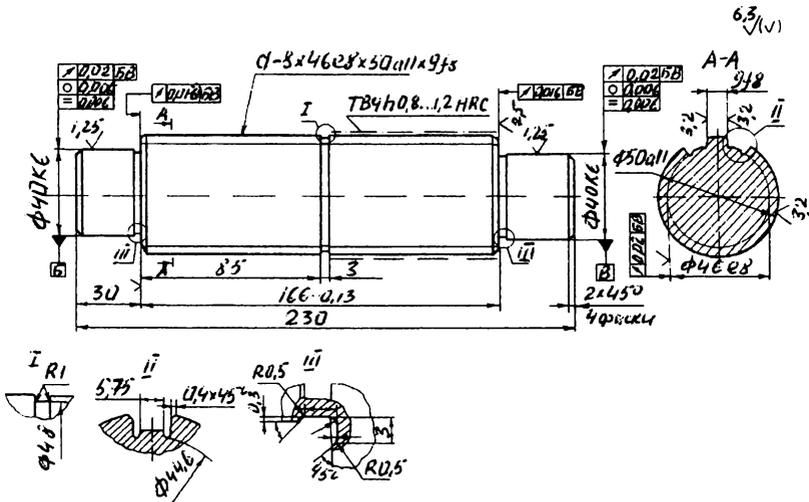


Рис. 5.1. Пример оформления чертежа детали "Вал"

### 5.1.2. Материал и заготовки для валов

Валы в основном изготавливают из конструкционных и легированных сталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, хорошей обрабатываемости, малой чувствительности к концентрации напряжений, а также повышенной износостойко-

сти. Этим требованиям удовлетворяют стали марок 35, 40, 45, 40Г, 50Г, 40Х.

Производительность механической обработки валов во многом зависит от вида заготовки, ее материала, размера и конфигурации, а также от характера производства. Заготовки получают отрезкой от горячекатаных или холоднотянутых нормальных прутков и непосредственно подвергают механической обработке. Подобные заготовки применяют, как правило, в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней и незначительными перепадами их диаметров.

В средне- и крупносерийном производстве, а также при изготовлении валов более сложной конфигурации с большим количеством ступеней, значительно различающихся по диаметру, заготовки целесообразно получать методами пластической деформации. Эти методы (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка) позволяют получать заготовки, по форме и размерам предельно близкие к готовой детали, что значительно повышает производительность механической обработки и снижает металлоемкость изделия.

Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае производится комплексно, с учетом технико-экономической целесообразности. С увеличением масштаба выпуска особое значение приобретают эффективность использования металла и сокращение трудоемкости механической обработки. Поэтому в крупносерийном и массовом производстве преобладают методы получения заготовок с коэффициентом использования металла (отношение массы детали к норме расхода металла) 0,7 и выше – в отдельных случаях до 0,95.

При механической обработке валов на настроенных и автоматизированных станках большое значение приобретает и точность заготовки.

### ***5.1.3. Основные схемы базирования***

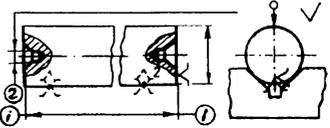
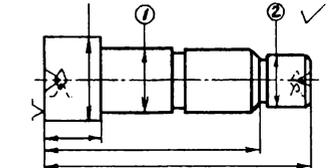
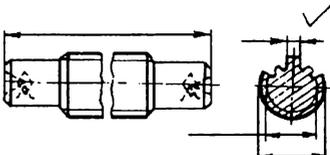
Основными базами для подавляющего большинства валов являются поверхности опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверх-

ностей, как правило, затруднительно, особенно при условии сохранения единства баз. Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на единичных базах с установкой его в центрах.

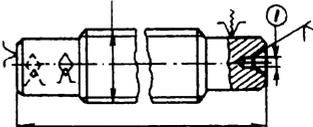
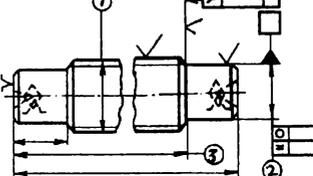
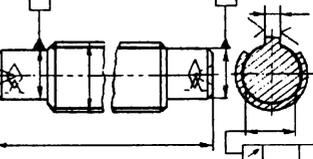
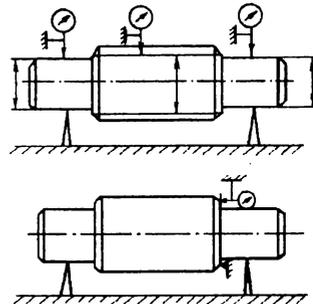
#### 5.1.4. Маршрутный технологический процесс обработки вала

В качестве примера в табл. 5.1 приводится маршрут технологического процесса механической обработки шлицевого вала, изображенного на рис. 5.1.

Таблица 5.1  
Технологический маршрут механической обработки вала

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Операционный эскиз
1	2	3
00	<i>Заготовительная:</i> править пруток $\varnothing 55$ , $l=500$ (по мере необходимости) на правильно калиброванном станке типа ПК-90	
05	<i>Отрезная:</i> отрезать заготовку $\varnothing 55$ , $l=236$ на прессе К223	
10	<i>Фрезерно-центровальная:</i> фрезеровать два торца 1 одновременно и центровать отверстия 2 на двухстороннем фрезерно-центровальном полуавтомате последовательного действия МР71	
15	<i>Токарно-винторезная:</i> точить диаметры 1 и 2, точить фаски и канавки с переустановкой на станке 16К20 (2-й установ не показан)	
20	<i>Шлицефрезерная:</i> фрезеровать 8 шлицев (с припуском под шлифование) на горизонтальном шлицефрезерном полуавтомате 5350	

Окончание табл. 5.1

1	2	3
25	<i>Термическая:</i> ТВЧ h 0,8–1,2, HRC 50–55 согласно чертежу детали на установке ТВЧ	
30	<i>Центрошлифовальная:</i> шлифовать фаски двух центровых отверстий 1 (с переустановкой) на центрошлифовальном станке типа МВ119	
35	<i>Круглошлифовальная:</i> шлифовать наружные поверхности 1 и 2 и торец 3 с переустановкой (2-й установ не показан) на станке ЗБ151	
40	<i>Шлицешлифовальная:</i> шлифовать 8 шлицев по внутреннему диаметру и боковым сторонам одновременно на шлицешлифовальном станке	
45	<i>Контрольная:</i> измерить радиальное биение базовых поверхностей и торцев относительно общей оси двух базовых поверхностей на специальной установке	

## 5.2. Втулки

К деталям класса втулок относятся втулки, гильзы, стаканы, вкладыши, т. е. детали, образованные наружными и внутренними поверхностями вращения, имеющие общую прямолинейную ось.

Некоторые основные виды подшипниковых втулок, представленные на рис. 5.2, служат как опоры вращающихся валов.

Наиболее часто применяют втулки с  $L/D \leq 2$ , где  $L$  – длина втулки, мм;  $D$  – наружный диаметр втулки, мм.

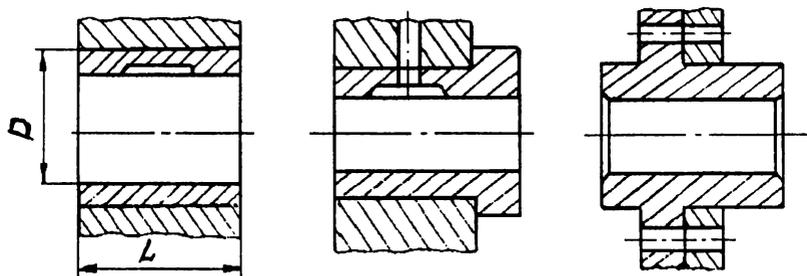


Рис. 5.2. Виды подшипниковых втулок

### 5.2.1. Основные технологические задачи

Основной технологической задачей при обработке втулок является обеспечение concentricity наружных поверхностей с отверстием и перпендикулярности торцов к оси отверстия.

**Точность размеров.** Диаметры наружных поверхностей выполняют по h6, h7; диаметр отверстия – по H7, реже по H8, для ответственных сопряжений – по H6.

**Точность формы.** В большинстве случаев особые требования к точности формы поверхностей не предъявляются, т. е. погрешность формы не должна превышать поле допуска на размер.

**Точность взаимного расположения.** Здесь предъявляются следующие требования:

- concentricity наружных поверхностей относительно внутренних поверхностей – 0,015–0,075 мм;
- разностенность не более 0,03–0,15 мм;
- неперпендикулярность торцовых поверхностей к оси отверстия – 0,2 мм на радиусе 100 мм; при осевой нагрузке на торцы неперпендикулярность не должна превышать 0,02–0,03 мм.

**Качество поверхностного слоя.** Шероховатость внутренних и наружных поверхностей вращения  $R_a = 2,5–5,0$  мкм, для торцов  $R_a = 1,25–5,0$  мкм, а при осевой нагрузке  $R_a = 2,5–0,5$  мкм. Для увеличения срока службы твердость исполнительных поверхностей втулок выполняется по HRC 40–60.

Пример. Для рассматриваемой втулки (рис. 5.3):

- точность размеров основных поверхностей – в пределах Н7–h7;
- точность формы ( $\varnothing 85\text{H}7$ ) не более 0,008 по величине круглости и погрешности профиля в продольном сечении (в пределах поля допуска на диаметр);
- точность взаимного расположения задается величиной радиального биения  $\varnothing 85\text{H}7$  (не более 0,025 мм) и торцового биения ответственных плоскостей (не более 0,04 мм) относительно оси отверстия (базы А);
- шероховатость ответственных цилиндрических поверхностей: для наружных  $R_a = 1,25$  мкм, для внутренних  $R_a = 1,25$  мкм.

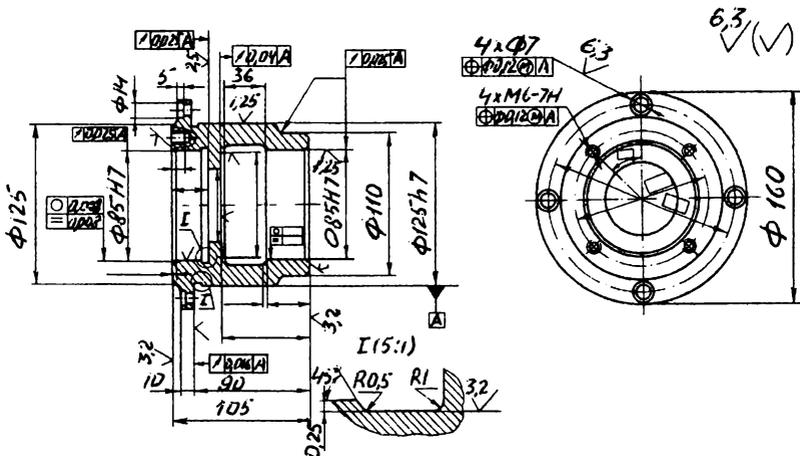


Рис. 5.3. Пример оформления чертежа детали "Втулка"

### 5.2.2. Материалы и заготовки для втулок

В качестве материалов для втулок используются: сталь, латунь, бронза, серый и ковкий антифрикционный чугун, специальные сплавы, металлокерамика, пластмассы.

Заготовками для втулок с диаметром отверстия до 20 мм служат калиброванные или горячекатаные прутки и литые стержни. При диаметре отверстия больше 20 мм применяются цельнотянутые трубы или полые заготовки, отлитые в песчаные

или металлические формы; используют также центробежное литье и литье под давлением.

Заготовкой для рассматриваемой детали (см. рис. 5.3) является штамповка, полученная на горизонтально-ковочной машине (ГКМ).

### **5.2.3. Основные схемы базирования**

Задача обеспечения концентричности наружных поверхностей относительно отверстия и перпендикулярности торцовых поверхностей к оси отверстия может быть решена обработкой:

- наружных поверхностей, отверстий и торцов за один установ;
- всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке по наружной поверхности (обработка от вала);
- всех поверхностей за два установка или за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию (обработка от отверстия).

При выборе метода базирования следует отдавать предпочтение *базированию по отверстию*, которое имеет ряд преимуществ, а именно:

- при обработке на жесткой или разжимной оправке погрешность установки отсутствует или значительно меньше, чем при обработке в патроне с креплением заготовки по наружной поверхности;
- применяется более простое, точное и дешевое центрирующее устройство, чем патрон;
- при использовании оправки может быть достигнута высокая степень концентрации обработки.

### **5.2.4. Технологический маршрут обработки втулки**

При обработке за *один установ* рекомендуется следующий технологический маршрут обработки втулки:

1) подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, зацентровка торца под сверление, сверление отверстия и обтачивание наружной поверхности, растачивание или зенкерование отверстия и обтачивание наружной поверхности со снятием фасок на свободном торце, предварительное развертывание, окончательное развертывание, отрезка. Эта первая операция выполняется на токарно-револьверном станке, одношпиндельном или многошпиндельном токарном автомате;

2) снятие фасок с противоположного торца втулки на вертикально-сверлильном или токарном станке;

3) сверление смазочного отверстия;

4) нарезание смазочных канавок на специальном станке.

При обработке втулки из трубы вместо сверления на первой операции производят зенкерование или растачивание отверстия, далее технологический маршрут сохраняется.

При обработке втулки *с базированием по внутренней поверхности* (по отверстию) рекомендуется следующий технологический маршрут обработки втулки:

1) зенкерование отверстия втулки и снятие фаски в отверстии на вертикально-сверлильном станке (технологическая база – наружная поверхность);

2) протягивание отверстия на горизонтально-протяжном станке со сферической самоустанавливающейся шайбой, которую применяют в случаях, когда торец не обработан;

3) предварительное обтачивание наружной поверхности (в зависимости от точности заготовки), подрезка торцов и снятие наружных (а часто и внутренних) фасок на токарно-многолезцовом полуавтомате. Базирование осуществляется по внутренней поверхности на разжимную оправку;

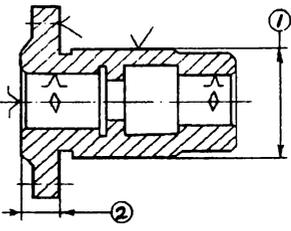
4) чистовое обтачивание наружной поверхности, чистовая подрезка торца.

В качестве примера в табл. 5.2 приведен маршрут технологического процесса механической обработки втулки, изображенной на рис. 5.3.

Таблица 5.2

## Технологический маршрут механической обработки втулки

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Операционный эскиз
1	2	3
00	<i>Заготовительная (ГКМ)</i>	
05	<i>Токарная с ЧПУ: расточить диаметры 1, 3 (под шлифование), диаметр 2 – окончательно, подрезать торцы, расточить канавки и фаски по программе на станке с ЧПУ РТ–706</i>	
10	<i>Токарная с ЧПУ: точить диаметр 1 (под шлифование), диаметры 2, 3, 4 – окончательно, подрезать торец, точить канавки 1 и фаски по программе на станке с ЧПУ РТ-706</i>	
15	<i>Радиально-сверлильная: сверлить 4 отверстия <math>\varnothing 7</math>; <math>l = 10</math> и зенкеровать 4 отверстия <math>\varnothing 14</math>; <math>l = 5</math> на радиально-сверлильном станке 2Н53</i>	
20	<i>Термическая: HRC 50–55</i>	
25	<i>Внутришлифовальная: шлифовать диаметры 1, 2 и торец 3 окончательно на станке 3227</i>	

1	2	3
30	Круглошлифовальная: шлифовать диаметр 1 и торец 2 на станке 3А153	

### 5.3. Корпусные детали

Корпусные детали – это базовые детали, служащие для размещения в них сборочных единиц и отдельных деталей. Характерная особенность корпусов – наличие опорных (достаточно протяженных и точных) плоскостей и отверстий. Корпусные детали могут быть разделены на две основные группы:

- коробчатого типа (призматические) с плоскими поверхностями больших размеров и основными отверстиями, оси которых расположены параллельно или под углом;
- фланцевого типа с плоскостями, являющимися торцовыми поверхностями основных отверстий.

И те и другие корпуса могут быть разъемными и неразъемными.

Рассмотрим технологический маршрут обработки кронштейна (рис. 5.4), относящегося к деталям коробчатого типа. Кронштейн установлен в машине на плоскость А. В отверстии кронштейна  $\varnothing 47J_7s7$  находится подшипник качения, являющийся опорой для вала.

#### 5.3.1. Основные технологические задачи

Главные технологические задачи определяются следующими техническими требованиями, предъявляемыми к корпусным деталям.

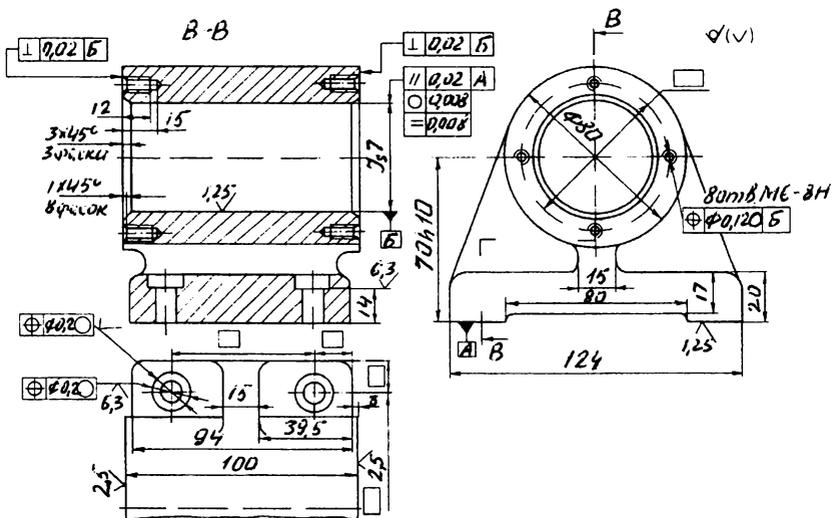


Рис. 5.4. Пример оформления чертежа детали "Кронштейн"

### 1. Точность размеров:

- точность диаметров основных отверстий под подшипники должна иметь 7-й квалитет с шероховатостью  $R_a = 2,5 - 0,25$  мкм, реже 6-й квалитет ( $R_a = 0,63 - 0,08$  мкм);
- точность межосевых расстояний для цилиндрических зубчатых передач с межцентровыми расстояниями 50–800 мм – от  $\pm 25$  до  $\pm 280$  мкм;
- точность расстояний от осей отверстий до установочных плоскостей колеблется в пределах от 6-го до 11-го квалитета.

### 2. Точность формы:

- для отверстий, предназначенных для подшипников качения и скольжения, допуск круглости и допуск профиля продольного сечения не должен превышать 0,25–0,5 поля допуска на диаметр в зависимости от точности типа или подшипника;
- допуск прямолинейности поверхностей прилегания не должен превышать 0,05–0,20 мм по всей длине;
- допуск плоскостности поверхностей скольжения – 0,05 мм на 1 м. длины.

### 3. Точность взаимного расположения поверхностей:

- допуск соосности отверстий под подшипники – в пределах половины поля допуска на диаметр меньшего отверстия;
- допуск параллельности осей отверстий – в пределах 0,02–0,05 мм на 100 мм длины;
- допуск перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий – в пределах 0,01–0,1 мм на 100 мм радиуса;
- у разъемных корпусов несовпадение осей отверстий с плоскостью разъема – в пределах 0,05–0,3 мм в зависимости от диаметра отверстий.

**4. Качество поверхностного слоя.** Шероховатость поверхностей отверстий  $R_a = 2,5–0,25$  мкм (для 7-го качества);  $R_a = 0,63–0,08$  мкм (для 6-го качества); для поверхностей прилегания  $R_a = 6,3–0,63$  мкм; для поверхностей скольжения  $R_a = 1,0–0,2$  мкм, для торцовых поверхностей  $R_a = 6,3–1,25$  мкм. Твердость поверхностных слоев и требования к наличию в них заданного знака остаточных напряжений регламентируются достаточно редко, только для особо ответственных корпусов.

*Пример.* Для рассматриваемой детали "Кронштейн" (см. рис. 5.4):

1) точность размера основного отверстия  $\varnothing 47Js7$  – по IT7, размера от оси отверстия  $\varnothing 47Js7$  до установочной плоскости (базы) А – по IT10 – 70h10; все остальные размеры, диаметральные и линейные, – по IT11 – IT13;

2) точность формы по круглости и погрешность профиля продольного сечения отверстия  $\varnothing 47Js7$  не более 0,008 мкм;

3) точность взаимного расположения поверхностей:

- допуск параллельности оси отверстия  $\varnothing 47Js7$  относительно установочной плоскости не более 0,02 мм;
- допуск (базы А) смещения от номинального расположения осей крепежных отверстий не более 0,12 мм;
- допуск перпендикулярности торцовых плоскостей основного отверстия относительно оси отверстия (базы Б) не более 0,02 мм;

- 4) качество поверхностного слоя:
- шероховатость поверхности отверстия  $\varnothing 47J_6 S_7 R_a = 1,25 - 0,63$  мкм;
  - шероховатость торцовых поверхностей и установочной плоскости (базы)  $A R_a = 2,5 - 1,25$  мкм.
- 5) отливку необходимо подвергнуть старению.

### **5.3.2. Материал и заготовки для корпусных деталей**

В машиностроении для получения заготовок широко используются серый чугун марок СЧ15, СЧ18, СЧ24, модифицированный и ковкий чугуны, углеродистые стали; в турбостроении и атомной технике – нержавеющие и жаропрочные стали и сплавы; в авиастроении – силумины и магниевые сплавы; в приборостроении – пластмассы.

Чугунные и стальные заготовки отливают в земляные и стержневые формы. Для сложных корпусов с высокими требованиями по точности и шероховатости (корпуса центробежных насосов) рекомендуется литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям.

Заготовки из алюминиевых сплавов получают отливкой в кокиль и под давлением.

Замена литых заготовок сварными производится для снижения веса и экономии материала, при этом толщина стенок корпуса может быть уменьшена на 30–40% по сравнению с литыми корпусами.

Рассматриваемый кронштейн (см. рис. 5.3) изготавливается литьем в разовые формы с машинной формовкой по деревянным моделям. Материал – серый чугун СЧ21.

### **5.3.3. Основные схемы базирования**

При обработке корпусных деталей используются следующие методы базирования:

- обработка от плоскости, т. е. вначале окончательно обрабатывают установочную плоскость, затем принимают ее за установочную базу и относительно нее обрабатывают точные отверстия;
- обработка от отверстия, т. е. вначале окончательно обрабатывают отверстие и затем от него обрабатывают плоскость.

Чаще применяется *обработка от плоскости* (базирование более простое и удобное), однако более точной является *обработка от отверстия*, особенно при наличии в корпусах точных отверстий больших размеров и при высокой точности расстояния от плоскости до основного отверстия (например, корпуса задних бабок токарных и шлифовальных станков).

При работе первым методом труднее выдерживать два точных размера – диаметр отверстия и расстояние до плоскости.

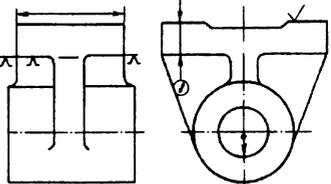
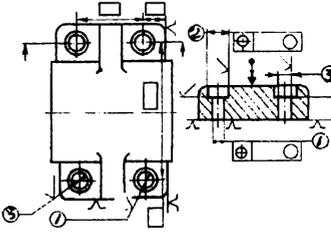
При базировании корпусных деталей стараются выдерживать принципы *совмещения* и *постоянства баз*.

### 5.3.4. Маршрутный технологический процесс обработки корпусной детали

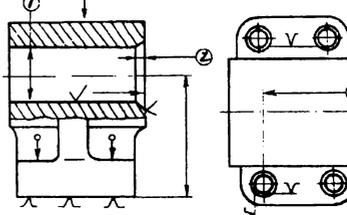
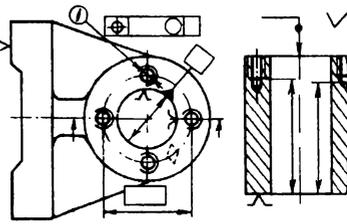
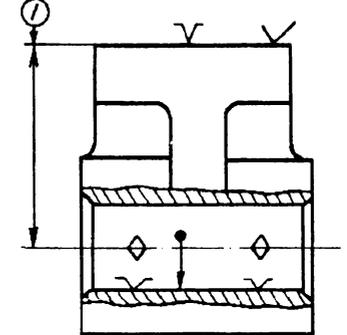
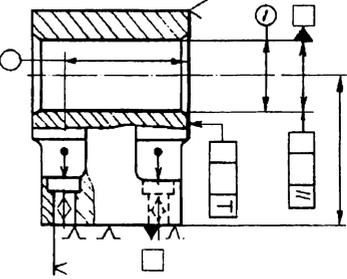
В качестве примера в табл. 5.3 приведен маршрут технологического процесса механической обработки корпусной детали – кронштейна (см. также рис. 5.4).

Таблица 5.3

Технологический маршрут механической обработки кронштейна

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Операционный эскиз
1	2	3
05	<i>Вертикально-фрезерная</i> ; фрезеровать плоскость 1 (под шлифование) на вертикально-фрезерном станке 6М12П в специальном приспособлении	
10	<i>Радиально-сверлильная</i> ; сверлить четыре отверстия 1. Зенкеровать четыре отверстия 2 и два отверстия 3. Развернуть два отверстия 3 последовательно на радиально-сверлильном станке 2Н53 по кондуктору	

Продолжение табл. 5.3

1	2	3
15	<p><i>Токарно-винторезная:</i> расточить отверстие 1, фаску 2, подрезать торец 3 предварительно с переустановкой (обработка противоположного торца не показана) на токарном станке 16К20 в специальном приспособлении</p>	
25	<p><i>Радиально-сверлильная:</i> сверлить, зенкеровать, нарезать резьбу в четырех отверстиях 1 последовательно (обработка отверстий не показана) на радиально-сверлильном станке 2Н53 по кондуктору</p>	
35	<p><i>Плоскошлифовальная:</i> шлифовать плоскость основания 1 окончательно на плоскошлифовальном станке 3Б722 в специальном приспособлении</p>	
40	<p><i>Алмазно-расточная:</i> расточить отверстие 1 и подрезать торец 2 окончательно на специальном расточном станке в специальном установочном приспособлении</p>	

1	2	3
45	<p><i>Алмазно-расточная:</i> тодрезать торец 1 на специальном алмазно-расточном станке в специальном установочном приспособлении</p>	

## 5.4. Рычаги

К деталям класса рычагов относятся собственно рычаги, тяги, серьги, вилки, балансиры, шатуны.

Рычаги являются звеньями системы машин, аппаратов, приборов, приспособлений. Как правило, рычаги предназначены для того, чтобы, совершая качательные или вращательные движения, передавать необходимые силы и движения сопряженным деталям, и тем самым заставлять их выполнять требуемые перемещения с надлежащей скоростью. Некоторые рычаги, например захваты, остаются неподвижными и фиксируют относительное положение сопряженных деталей.

Детали класса рычагов имеют два отверстия или больше; оси этих отверстий расположены параллельно или под прямым углом. Тело рычагов представляет собой стержень, не обладающий достаточной жесткостью. В деталях данного класса кроме основных отверстий обрабатываются шпоночные или шлицевые пары, крепежные отверстия и прорези в головках. Стержни рычагов часто не обрабатывают.

### 5.4.1. Основные технологические задачи

**Точность размеров.** Отверстия – основные и вспомогательные базы, поверхностями которых рычаги и вилки сопрягаются с валиками, – проектируют у рычагов и шарнирных вилок по Н7–

H9, а у вилка переключения для уменьшения перекоса при осевом перемещении – по H7–H8. Точность расстояний между параллельными исполнительными поверхностями вилки переключения назначают по H10–H12. Расстояния между осями отверстий основных и вспомогательных баз рычагов должны соответствовать расчетным; допускаемые отклонения в зависимости от требуемой точности колеблются от  $\pm 0,1$  до  $\pm 0,025$  мм.

**Точность формы.** В большинстве случаев особых требований к точности формы поверхностей не предъявляется, т. е. погрешность формы не должна превышать допуск на размер.

**Точность взаимного расположения.** Для хорошего прилегания поверхностей отверстий к сопряженным деталям оси поверхностей отверстий – вспомогательных баз рычагов должны быть параллельны осям поверхностей отверстий – основных баз; допускаемое отклонение –  $0,05$ – $0,3$  мм на  $100$  мм длины.

У рычагов, имеющих плоские обрабатываемые стороны, в некоторых случаях (по служебному назначению) обуславливается перпендикулярность осей отверстий относительно плоскости с допускаемым отклонением  $0,1$ – $0,3$  мм на  $100$  мм радиуса.

**Качество поверхностного слоя.** Шероховатость поверхности отверстий у рычагов и вилок в зависимости от точности диаметров отверстий назначают  $R_a = 2,5$ – $0,5$  мкм, шероховатость исполнительных поверхностей у рычагов –  $0,63$ – $2,5$ , у вилок переключения –  $1,25$ – $2,5$  мкм. Для увеличения срока службы твердость исполнительных поверхностей рычагов и вилок устанавливают HRC 40–60.

*Пример.* Для рассматриваемого рычага (рис. 5.5):

- точность размеров основных отверстий –  $\varnothing 22H7$ ,  $\varnothing 20H7$ , допуск на расстояние между осями отверстий составляет  $0,02$  мм;

- к точности формы особых требований не предъявляется, т. е. погрешность формы не должна превышать допуска на размеры;

- точность взаимного расположения задается допуском на перпендикулярность осей отверстий относительно плоскости (базы) А не более  $0,02$  мм;

- шероховатость отверстий торцов бабышек  $R_a = 2,5$  мкм; для остальных поверхностей  $R_z = 63$  мкм.

### **5.4.2. Материалы и заготовки для рычагов**

В качестве материала для изготовления рычагов служат: серый чугун марок от СЧ12 до СЧ24, ковкий чугун марок КЧ35, КЧ37 и др., сталь обычного качества марки Ст3 и конструкционные стали марок 20, 35, 45, 40Х.

Работающие при незначительных нагрузках рычаги изготавливают из пластмасс.

Выбор материала зависит от служебного назначения и требований экономичности изготовления детали. Рычаги сложной формы могут быть достаточно экономично изготовлены из заготовки-отливки. Для деталей, работающих в машинах под небольшими, неударными нагрузками, выбирают менее дорогой и прочный серый чугун марок СЧ12 – СЧ18. Детали, испытывающие более значительные нагрузки, изготавливают из более прочного и дорогого чугуна марок СЧ21 – СЧ24. Для нежестких деталей, работающих с толчками и ударами, недостаточно вязкий серый чугун является ненадежным материалом и заменяется ковким чугуном. При получении заготовок из ковкого чугуна обязательным становится отжиг, после которого заготовки коробятся и поэтому должны дополнительно подвергаться правке.

Введение дополнительных операций отжига и правки удорожает заготовки, поэтому в ряде случаев рычаги изготавливают из стали.

Чугунные заготовки рычагов получают обычно литьем в песчаные формы, изготовленные по металлическим моделям. При повышенных требованиях к точности отливок заготовки отливают в оболочковые формы. Отливки из ковкого чугуна следует подвергать отжигу и последующей правке для уменьшения остаточных деформаций. Припуски на обработку и допуски на размеры отливок рычагов должны быть не более указанных в ГОСТ 26645–85.

Стальные заготовки рычагов получают ковкой, штамповкой, литьем по выплавляемым моделям и резе сваркой. При штамповке заготовок в небольших количествах применяют подкладные штампы. С увеличением масштабов производства заготовок более экономичным становится изготовление их в открытых и закрытых штампах. В серийном производстве штамповки выполняют на штамповочных молотах, фрикционных и кривошипных

прессах, а в крупносерийном и массовом производстве – на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах. Для повышения производительности и уменьшения себестоимости штампованных заготовок их предварительное формование в массовом производстве в ряде случаев производят на ковочных вальцах. Припуски на обработку и допуски на размеры заготовок рычагов, полученных в открытых штампах, должны быть не более указанных в ГОСТ 7505–89.

Для снижения трудоемкости механической обработки, уменьшения расхода металла и улучшения внешнего вида сложных по конструктивной форме стальных рычагов их заготовки вместоковки или штамповки получают литьем по выплавляемым моделям. Модели заготовок и литниковой системы из легкоплавких модельных составов, приготовленных на основе парафина, полистирола, стеарина и других подобных компонентов, получают в специальных пресс-формах. Шероховатость поверхности отливок по выплавляемым моделям соответствует  $R_z = 3,2$  мкм. Допуски на размеры и припуски на обработку отливок по выплавляемым моделям рычагов не должны превышать указанных в ГОСТ 26645–85. Отверстия по чертежу диаметром меньше 25 мм в заготовках литьем в песчаные формы и штамповкой обычно не получают.

Для работающих при значительных нагрузках стальных рычагов из среднеуглеродистой стали – в целях повышения прочности – перед механической обработкой обязательны закалка и высокий отпуск.

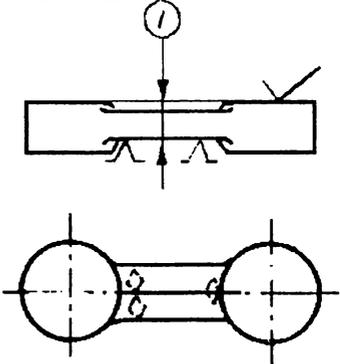
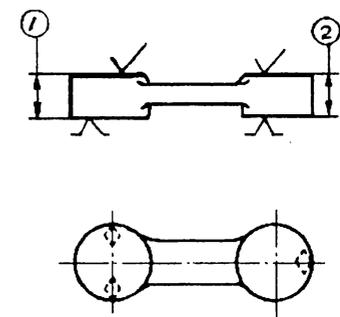
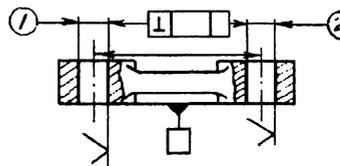
Заготовкой для рычага, рассматриваемого в данном случае, является штамповка, полученная на кривошипном прессе.

### **5.4.3. Основные схемы базирования**

По техническим требованиям к рычагам необходимо обеспечить перпендикулярность торцов к осям отверстий. Поэтому эти поверхности нужно обрабатывать в первую очередь для того, чтобы на последующих операциях технологического процесса использовать их в качестве двойной направляющей и опорной базы. Однако обработка на первой операции торца бобышки и отверстия возможна лишь при длинной бобышке заготовки рычага и базировании ее по наружной поверхности ступицы по двойной направляющей базе и другим поверхностям – двум опорным ба-



Таблица 5.4  
Технологический маршрут механической обработки рычага

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Операционный эскиз
05	<i>Вертикально-фрезерная:</i> фрезеровать поверхность 1 предварительно и окончательно на вертикально-фрезерном станке 6Н10	
10	<i>Вертикально-фрезерная:</i> фрезеровать поверхности 1, 2 предварительно и окончательно на вертикально-фрезерном станке 6Н10	
15	<i>Радиально-сверлильная:</i> сверлить отверстия 1, 2 с последующим предварительным и окончательным развёртыванием на радиально-сверлильном станке 2Н53	

### 5.5. Зубчатые колеса

Зубчатые колеса служат для передачи крутящего момента от одного вала к другому при заданном передаточном отношении

частоты вращения одного вала к частоте вращения другого. Зубчатые колеса подразделяются на цилиндрические, конические и червячные.

По технологическому признаку зубчатые колеса делятся:

- на цилиндрические и конические без ступицы и со ступицей, с гладким или шлицевым отверстием;
- многовенцовые блочные с гладким или шлицевым отверстием;
- цилиндрические, конические и червячные типа фланца;
- цилиндрические и конические с хвостовиком.

### ***5.5.1. Основные технологические задачи***

**Точность размеров.** Самым точным элементом зубчатого колеса является отверстие, которое выполняется обычно по 7-му качеству, если нет особых требований.

**Точность формы.** В большинстве случаев особых требований к точности формы поверхностей не предъявляется.

**Точность взаимного расположения.** Несоосность начальной окружности зубчатого колеса относительно посадочных поверхностей допускается не более 0,05–0,1 мм. Неперпендикулярность торцов к оси отверстия или вала (биение торцов) обычно принимается не более 0,01–0,015 мм на 100 мм диаметра. В зависимости от условий работы колеса эта величина может быть повышена или несколько уменьшена.

**Твердость рабочих поверхностей.** В результате термической обработки поверхностная твердость зубьев цементируемых зубчатых колес должна быть в пределах HRC 45–60 при глубине слоя цементации 1–2 мм. При цианировании твердость HRC – 42–53, глубина слоя должна быть в пределах 0,5–0,8 мм.

Твердость незакаливаемых поверхностей обычно находится в пределах HB 180–270.

Для рассматриваемого зубчатого колеса (рис. 5.6):

- посадочное отверстие выполняется по 7-му качеству ( $\varnothing 20H7$ );
- точность формы не задается;
- точность взаимного расположения ограничена величиной радиального биения  $\varnothing 84h9$  и торцового биения прилегающей

плоскости относительно оси отверстия (базы А) не более 0,025 мм, торцевого биения плоскости ступицы относительно базы А не более 0,016 мм, а также величиной несимметричности шпоночного паза относительно оси отверстия (базы А) не более 0,02 мм,

- шероховатость поверхности зубчатого венца  $R_a=0,63$  мкм; отверстия и торцов  $R_a=1,25$  мкм; наружного диаметра –  $R_a=2,5$  мкм; для остальных  $R_a=3,2-6,3$  мкм. Зубчатый венец закаливается ТВЧ до HRC 45–50 на глубину 1–2 мм.

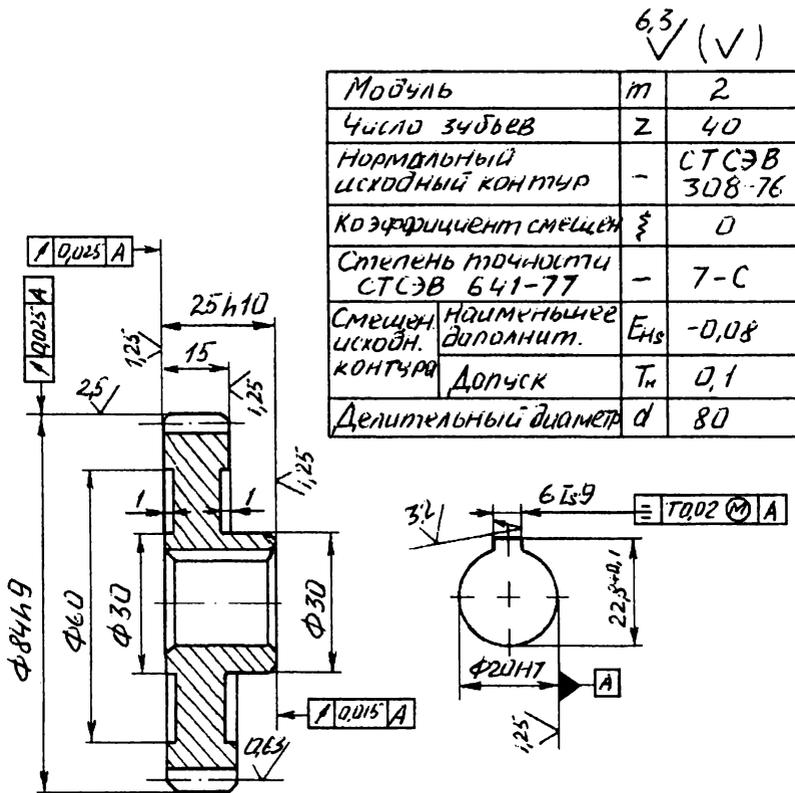


Рис. 5.6. Пример оформления чертежа детали "Колесо зубчатое"

### **5.5.2. Материал и заготовки**

В зависимости от служебного назначения зубчатые колеса изготавливают из углеродистых, легированных сталей, чугуна, пластических масс.

Легированные стали обеспечивают более глубокую прокаливаемость и меньшую деформацию по сравнению с углеродистыми.

Материал зубчатых колес должен иметь однородную структуру, обеспечивающую стабильность размеров после термической обработки, особенно по размеру отверстий и шагу колес. Нестабильность возникает после цементации и закалки, когда в заготовке сохраняется остаточный аустенит; она может возникнуть также в результате наклепа и при механической обработке.

Установлено, что наибольшее коробление дает цементация и меньшее – закалка, поэтому часто устранение деформаций и повышение точности шевингованием производят не до цементации, а между цементацией и закалкой.

При изготовлении высокоточных колес рекомендуется чередовать механическую обработку с операциями термической стабилизации размеров для снятия внутренних напряжений.

Различают следующие основные виды заготовок зубчатых колес при разных конструкциях и серийности выпуска: заготовка из проката; поковка, выполненная свободной ковкой на ковочном молоте; штампованная заготовка в подкладных штампах, выполненная на молотах или прессах; штампованная заготовка в закрепленных штампах (открытых и закрытых), выполненная на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

Заготовки, получаемые свободной ковкой на молотах, по конфигурации не соответствуют форме готовой детали, но структура металла благодаря ковке улучшается по сравнению со структурой заготовки, отрезанной пилой от прутка.

Штамповка заготовок в закрытых штампах имеет ряд преимуществ: уменьшается расход металла из-за отсутствия облоя, форма заготовки ближе к готовой детали, снижается себестои-

мость, экономия металла составляет от 10 до 30%. Однако отмечается повышенный расход штампов.

Штамповка на прессах имеет большое преимущество в сравнении со штамповкой на молотах: получается более точная заготовка, припуски и напуски у которой меньше на 30%; по конфигурации штампованная заготовка ближе к готовой детали. На прессах можно штамповать с прошиванием отверстий.

Штамповкой на горизонтально-ковочных машинах изготавливают заготовки зубчатых колес с хвостовиком или с отверстиями.

### 5.5.3. Основные схемы базирования

Выбор базовых поверхностей и разработка технологического процесса зависят от конструктивных форм зубчатых колес, технических требований и объема выпуска. Для наиболее распространенных зубчатых колес 7–8-й степени точности в общем машиностроении вначале полностью обрабатывается отверстие и подготавливается как базовое для установки детали на оправке при последующей обработке.

### 5.5.4. Маршрутный технологический процесс обработки зубчатого колеса

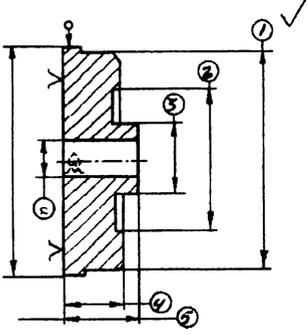
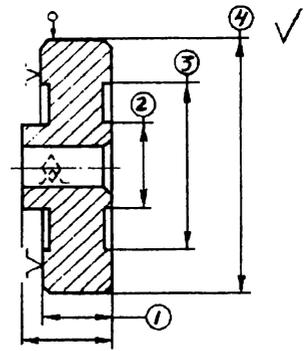
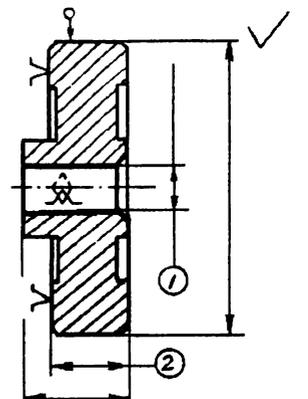
Маршрут технологического процесса механической обработки цилиндрического зубчатого колеса, изображенного на рис. 5.6, представлен в табл. 5.5.

Таблица 5.5

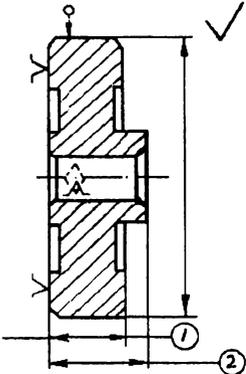
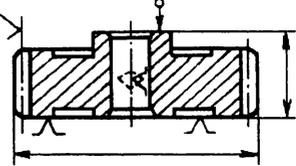
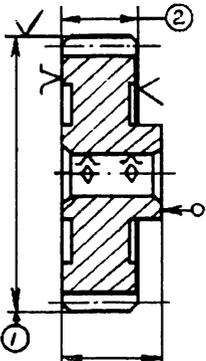
Технологический маршрут механической обработки зубчатого колеса

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Операционный эскиз
1	2	3
00	<i>Заготовительная:</i> штамповка на горизонтально-ковочной машине. Размеры заготовки $\varnothing 90 \times 30$	
05	<i>Термическая:</i> нормализация	

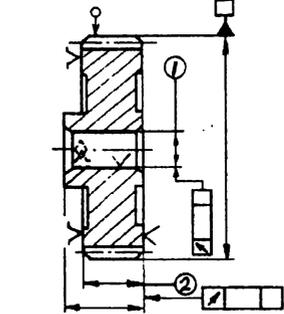
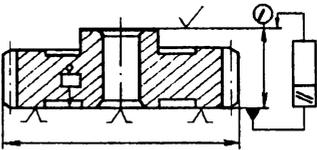
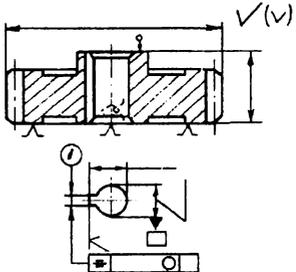
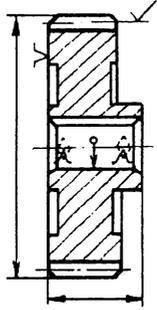
Продолжение табл. 5.5

1	2	3
10	<p><i>Токарная автоматная:</i> подрезать торцы 5 и 4 предварительно, точить поверхности 1 до кулачков патрона, расточить отверстие 6 на проход предварительно, точить поверхности 2 и 3 предварительно, точить фаски на многорезцовом полуавтомате 1723</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. Dimensions are indicated by arrows: 1 (total length), 2 (length of the top step), 3 (length of the middle step), 4 (length of the bottom step), 5 (length of the top chamfer), and 6 (diameter of the hole). A checkmark is present in the top right corner.</p>
15	<p><i>Токарная с ЧПУ:</i> подрезать торец 1, точить поверхности 4 на оставшейся части предварительно, точить поверхности 2, 3 и фаски по программе на токарном станке 16К20 с ЧПУ</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. Dimensions are indicated by arrows: 1 (total length), 2 (length of the top step), 3 (length of the middle step), and 4 (length of the bottom step). A checkmark is present in the top right corner.</p>
20	<p><i>Термическая:</i> нормализация</p>	
25	<p><i>Токарная с ЧПУ:</i> подрезать торец 2 (под шлифование), расточить отверстие 1 (под шлифование), точить фаски по программе на токарном станке 16К20 с ЧПУ</p>	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. Dimensions are indicated by arrows: 1 (total length) and 2 (length of the top step). A checkmark is present in the top right corner.</p>

Продолжение табл. 5.5

1	2	3
30	<p><i>Токарно-винторезная:</i> подрезать торец 1 окончательно, торец 2 (под шлифование) и точить фаски на токарно-винторезном станке 16К20</p>	
35	<p><i>Зубофрезерная:</i> фрезеровать 40 зубьев (<math>m = 2</math>) (под шлифование) на зубофрезерном полуавтомате модели 5306К</p>	
40	<p><i>Слесарная:</i> зачистить заусенцы на торцах зубьев на полуавтомате для снятия заусенцев 5525</p>	
45	<p><i>Термическая:</i> установка ТВЧ. Закалить зубья</p>	
50	<p><i>Круглошлифовальная:</i> шлифовать поверхности 1, 2 окончательно на торце круглошлифовальном станке 3Т153</p>	

Окончание табл. 5.5

1	2	3
55	<p><i>Внутришлифовальная:</i> шлифовать поверхности 1 и 2 окончательно на внутришлифовальном станке 3А227</p>	
60	<p><i>Плоскошлифовальная:</i> шлифовать поверхность 1 окончательно на плоскошлифовальном станке 3Б740</p>	
65	<p><i>Долбежная:</i> долбить шпоночный паз 1 на долбежном станке 7А412</p>	
70	<p><i>Зубошлифовальная:</i> шлифовать предварительно и окончательно 40 зубьев (<math>m = 2</math>) на зубошлифовальном полуавтомате 5В833</p>	

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе "Заключение" пояснительной записки подводят итог проделанной работе, дают основные выводы по решению поставленных в курсовом проекте задач, технико-экономическую оценку представленных в проекте технологических и технических разработок. При этом необходимо конкретно указать, за счет каких технологических или конструкторских мероприятий достигнуты положительные результаты (повышена производительность труда и оборудования, улучшено качество продукции и т. п.).

Для этого следует сформулировать основные технологические задачи по обеспечению точности и качества обработки детали, которые должны были быть решены в процессе проектирования технологического процесса, а также кратко описать результаты анализа заводского технологического процесса, которые были положены в основу спроектированного технологического процесса. Кроме этого, необходимо дать его характеристику, в которой должны быть отражены:

- тип производства;
- вид заготовки обрабатываемой детали;
- методы обработки детали;
- маршрут обработки (с указанием отличий от базового заводского варианта);
- технологическое оснащение (с указанием отличий от базового варианта);
- экономические показатели.

Особое внимание следует уделить оригинальным разработкам.

## Литература

1. Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали: Метод. рекомендации к выполнению практ. работы по технологии машиностроения / Т. А. Козлова. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. 33 с.
2. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. 736 с.
3. *Ансеров М. А.* Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.
4. *Горбачевич А. Ф., Шкред В. А.* Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. Минск: Вышэйш. шк., 1983. 256 с.
5. *Горошкин А. К.* Приспособления для металлорежущих станков: Справ. М.: Машиностроение, 1979. 304 с.
6. Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под общ. ред. В. В. Бабука. Минск.: Вышэйш. шк., 1979. 464 с.
7. *Добрыднев И. С.* Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения". М.: Машиностроение, 1985. 184 с.
8. Допуски и посадки: Справ.: В 2 ч. / *В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский.* Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1983. Ч. 1. 543 с.; Ч. 2. 448 с.
9. *Егоров М. Е., Дементьев В. И., Дмитриев В. Л.* Технология машиностроения: Учеб. для вузов. Изд. 2-е, доп. М.: Высш. шк., 1976. 534 с.
10. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. М.: Машиностроение, 1974. 656 с.
11. Задания и методические указания к контрольной работе № 2 по технологии машиностроения / Сост. В. М. Батыгин и др.; Свердлов. инж.-пед. ин-т. Свердловск, 1988. 63 с.
12. *Маталин А. А.* Технология машиностроения: Учеб. для машиностроит. вузов по спец. "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. 496 с.
13. Металлорежущие станки: Каталог-справ.: В 8 ч. / НИИМАШ. М., 1971. 253 с.

14. Металлорежущие станки с числовым программным управлением: Кат. / НИИМАШ. М., 1972. 358 с.
15. Методические рекомендации и задания для проведения практических занятий и для самостоятельной работы студентов по курсу технологии машиностроения / Сост. Т. А. Козлова; Свердлов. инж.-пед. ин-т. Свердловск. 1989. 24 с.
16. *Мосталыгин Г. П., Толмачевский Н. Н.* Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
17. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: В 2 ч. М.: Машиностроение, 1974. 416 с.
18. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках: Массовое пр-во. М.: Экономика, 1988. 366 с.
19. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ: Сер. пр-во. М.: Машиностроение, 1974. 136 с.
20. Размерный анализ технологических процессов / *В. В. Матвеев, М. М. Тверской, Ф. И. Бойков и др.* М.: Машиностроение, 1982. 264 с.
21. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справ. / Под ред. К. М. Великанова. Л.: Машиностроение, 1975. 430 с.
22. Режимы резания металлов: Справ. / Под ред. Ю. В. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 39 с.
23. *Романов Е. В.* Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей машин: Учеб. пособие /МГПИ. Магнитогорск, 1998. 258 с.
24. *Руденко П. А.* Проектирование технологических процессов в машиностроении. Киев: Вища шк. 1985. 255 с.
25. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. вузов по спец. "Технология машиностроения. Металлорежущие станки и инструменты" / *В. И. Аверченков, О. А. Горленко, В. Б. Ильицкий и др.*; Под общ. ред. О.А. Горленко. М.: Машиностроение, 1988. 192 с.

26. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1972. Т. 1. 694 с.

27. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.

28. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 496 с.

29. Технология машиностроения: Спец. часть: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / *А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др.* М.: Машиностроение, 1986. 480 с.

30. *Худобин Л. В.* и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. М.: Машиностроение, 1989. 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Образец задания по курсовому проекту**

Министерство образования Российской Федерации  
Уральский государственный профессионально-педагогический  
университет

**З А Д А Н И Е**

**по курсовому проекту по технологии машиностроения**

студенту группы ТО-421 специальности 030501.08.

Фамилия Иванов имя Иван отчество Андреевич

Руководитель дипломного проекта доц., канд. техн. наук Н. С. Петров

Срок выполнения курсового проекта с 01.09. по 10.12. 2001 г.

1. Тема курсового проекта: Проектирование технологического процесса механической обработки детали "Корпус".

2. Исходные данные Рабочий чертеж детали "Корпус". Годовая программа выпуска деталей – 25 000 шт.

3. Перечень подлежащих разработке вопросов: Анализ исходной информации. Расчет типа производства. Определение основных технологических задач. Разработка технологического процесса обработки корпуса. Выбор вида заготовки и метода ее получения. Выбор баз, методов и маршрута обработки детали. Выбор технологического оснащения. Разработка технологических операций. Техничко-экономические и технологические расчеты. Оформление технологической документации (карты МК, ОК, КЭ). Расчет и проектирование приспособления.

4. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Рабочий чертеж детали – 1 л. А1; рабочий чертеж детали – 1 л. А1; плакаты технологических эскизов – 2 л. А1; сборочный чертеж приспособления – 1 л. А1.

Задание выдано 01. 09. 2001.

Руководитель курсового проекта

\_\_\_\_\_ Подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Пример заполнения титульного листа курсового проекта**

Министерство образования Российской Федерации  
Уральский государственный профессионально-педагогический  
университет  
Кафедра технологии и оборудования машиностроения

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ  
"КОРПУС"**

Пояснительная записка к курсовому проекту

КП030501.08. 01.ПЗ

Разработчик  
студент гр. ТО – 421

И. А. Иванов

Руководитель  
канд. техн. наук., доц.

Н. С. Петров

Екатеринбург 2001

Пример оформления технологических операционных эскизов

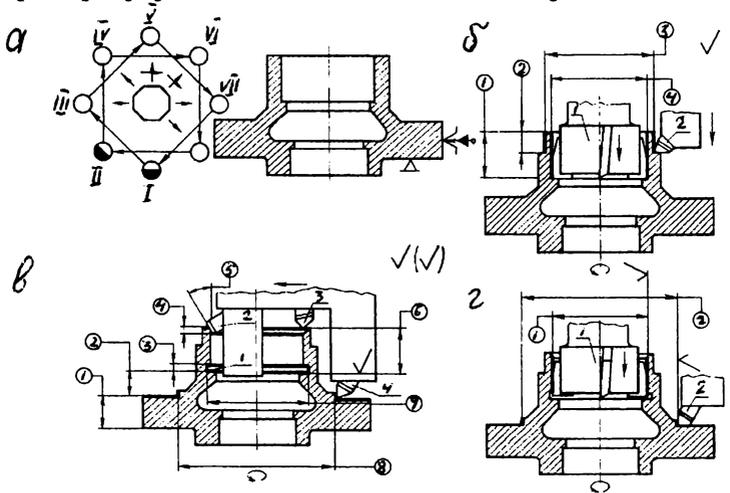


Рис. 1. Операция 1:

а – позиция I; б – позиция III; в – позиция V; г – позиция VII

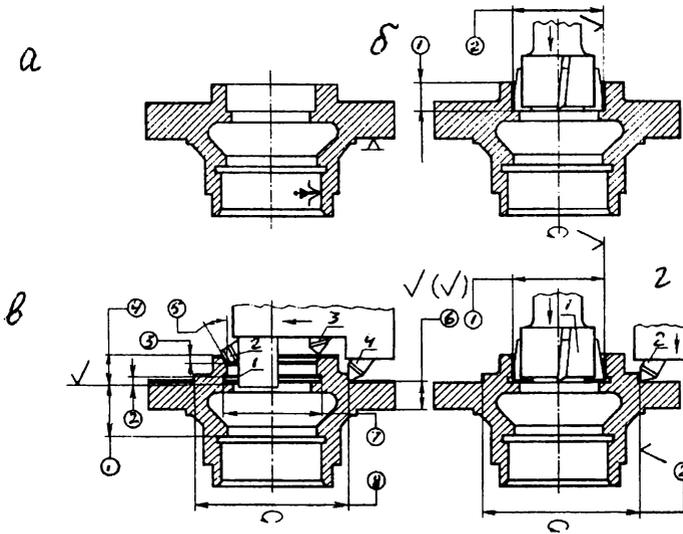
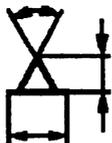
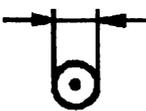
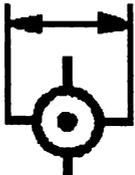
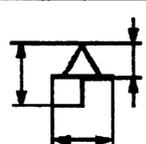
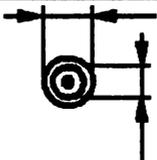
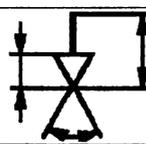
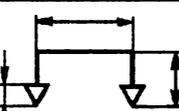
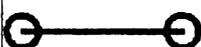
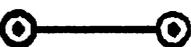


Рис. 2. Операция 1:

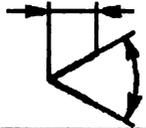
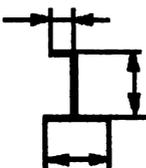
а – позиция II; б – позиция IV; в – позиция VI; г – позиция VIII

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107 – 81

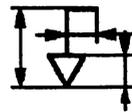
Наименование	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
1	2	3	4
Опора неподвижная			
Опора подвижная			
Опора плавающая			
Опора регулируемая			
Зажим одиночный			
Зажим двойной			

Окончание таблицы

1	2	3	4
Центр неподвижный		-	-
Центр вращающийся		-	-
Центр плавающий		-	-
Оправка цилиндрическая			
Оправка шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			

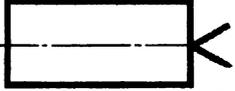
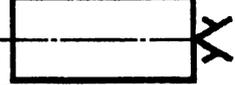
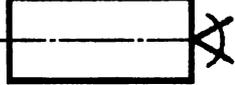
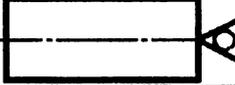
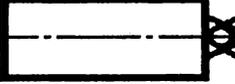
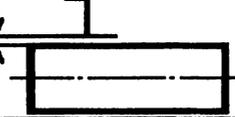
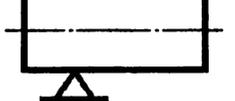
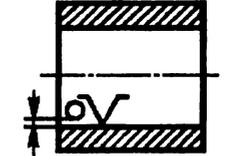
Примечания:

1. Допускается упрощенное графическое изображение двойного зажима:

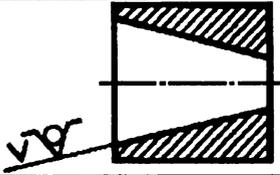
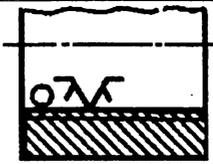
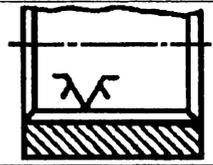
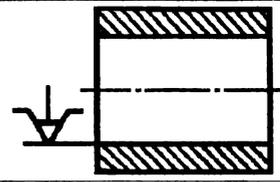
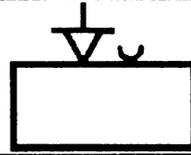
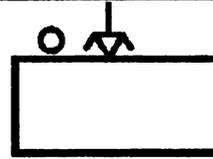
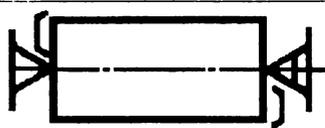


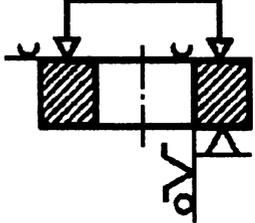
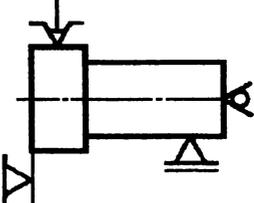
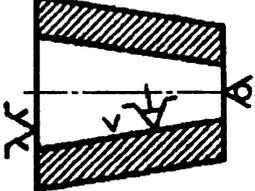
2. Для базовых установочных поверхностей допускается применять обозначение .

Примеры нанесения обозначений крепления на схемах

Вид крепления	Обозначение
1	2
В неподвижном гладком центре	
В рифленном центре	
В плавающем центре	
Во вращающемся центре	
В обратном вращающемся центре с рифленой поверхностью	
В поводковом патроне	
С подвижным люнетом	
С неподвижным люнетом	
На цилиндрической оправке	

Продолжение таблицы

1	2
<p>На конической роликовой оправке</p>	
<p>На резьбовой оправке с наружной резьбой</p>	
<p>На шлицевой оправке</p>	
<p>На цанговой оправке</p>	
<p>На регулируемой опоре со сферической выпуклой поверхностью</p>	
<p>В пневматическом зажиме с рифленой поверхностью</p>	
<p>В тисках с пневмоприводом с призматическими губками</p>	

1	2
<p>В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три опоры и с электроприводным устройством двойного зажима, имеющим сферические поверхности</p>	
<p>В трехлапчатом патроне с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с подвижным люнетом</p>	
<p>В конической оправке с гидропластовым зажимным устройством, с упором на рифленую поверхность торца и с поджимом вращающимся центром</p>	

*Примечания:*

1. Допускаются отклонения от указанных размеров графических изображений.
2. Обозначения формы рабочих поверхностей наносят слева от обозначения устройства.
3. Количество точек приложения зажимной силы записывают арабской цифрой справа от изображения зажима.
4. Вид устройства зажима обозначают прописной буквой слева от его обозначения, например: пневматическое – Р, гидравлическое – Н, гидропластовое – Г, электрическое – Е, электромагнитное – ЕМ.
5. Подвижная призматическая опора лишает заготовку одной степени свободы (совмещает центр окружности базируемой поверхности с биссектрисой призмы). Однако при установке длинной заготовки типа шатуна в двух подвижных призмах, перемещающихся навстречу друг другу (т.е. самоцентрирующих шатун по длине), заготовка лишается трех степеней свободы (обеспечивается "направление" шатуна, так как при этом устраняется возможность бокового перемещения каждой из его головок и определяется его положение в направлении его оси).

6. При неподвижном положении центра в осевом направлении, когда он не только центрирует заготовку, но и служит для нее упором (обычная работа переднего центра станка), заготовка лишается трех степеней свободы. Если центр "плавает" вдоль оси или перемещается вместе с пинолью для закрепления заготовки (работа заднего центра), заготовка лишается двух степеней свободы (центр только центрирует заготовку).

7. При закреплении в патронах и на разжимных оправках по длинной цилиндрической поверхности (двойная направляющая база), независимо от числа кулачков и вида зажимного устройства, заготовка лишается четырех степеней свободы.

При закреплении по короткой цилиндрической поверхности патроны и оправки только центрируют заготовку в плоскости приложения кулачков и лишают ее двух степеней свободы. Направление оси заготовки при этом не определяется.

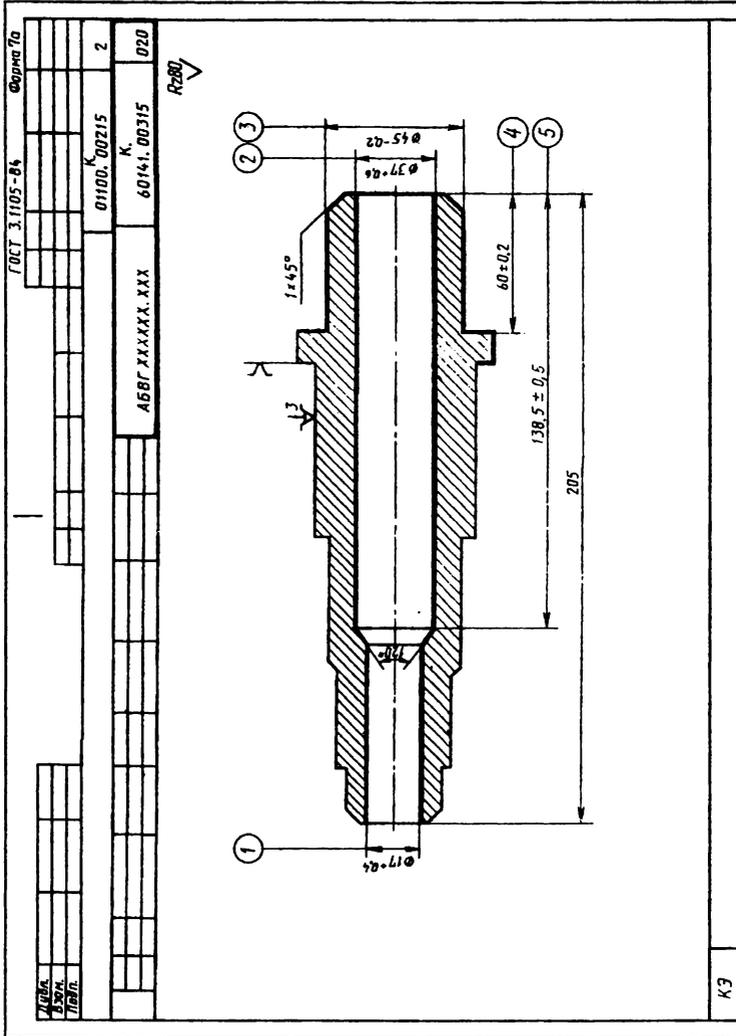
Если при закреплении заготовки в патронах и оправках предусматривается упор заготовки по торцу, определяющий ее положение в осевом направлении (упорная база), заготовка лишается еще одной, т.е. пятой, степени свободы, однако в этом случае на операционном эскизе, кроме обозначения патрона или оправки, следует дополнительно показать опору по торцу заготовки.

8. При базировании заготовки по длинному цилиндрическому отверстию на цилиндрической оправке с упором по торцу заготовка лишается пяти степеней свободы (четыре по двойной направляющей базе – цилиндрической поверхности отверстия и одной по упорной базе – торцу базируемой заготовки).

При базировании коротких дисков цилиндрическая оправка также лишает заготовку пяти степеней свободы, однако по цилиндрической поверхности в этом случае осуществляется только центрирование заготовки с лишением ее двух степеней свободы. Направление оси диска обеспечивается его базированием по большой торцевой плоскости (главная база, лишаящая заготовку трех степеней свободы).

9. При установке заготовки цилиндрическим отверстием на конической беззазорной оправке трения заготовка лишается пяти степеней свободы (длинный конус – упорно-направляющая база). Однако следует учитывать, что положение заготовки в осевом направлении в этом случае изменяется в широких пределах, поскольку погрешность базирования в этом направлении очень сильно зависит от колебания диаметра базового отверстия в пределах его допуска, так как конусность оправки трения весьма мала.

Пример оформления КЭ



КЭ

Пример оформления титульного листа комплекта технологической документации

ГОСТ 2.104-74 Форм 2	
Имя. № подл.	Подпись и дата
Вам. имя. №	Имя. №
Имя. №	Подпись и дата

Утверждаю:

\_\_\_\_\_

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС**

*механической обработки деталей "..."*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

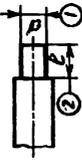
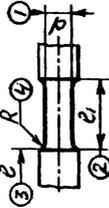
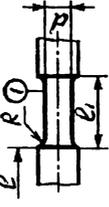
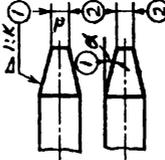
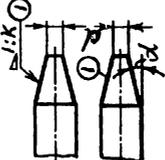
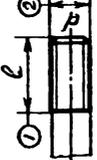
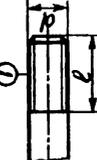
Пример оформления МК

Идентификация	ГОСТ 3.1118-82										Формат 1
Вид											
Возраст											
Пол											
Разработчик	Перов	Савин	14.08.83	по "Чайка"		АБВГ.ХХХХХ.ХХХ		ХХХХХ.ХХХХХХ		01100.00015	У 1
Исполнитель	Защелка	Зачух	14.08.83								0
И 01	В 22 ГОСТ 2590-71/45 ГОСТ 1050-74 Вал										
И 02	Код	ЛЕН	МД	ЕН	Н.р.с.	КИМ	Код загат.	Профиль ч. размер	К.Д.	МЗ	
И 03	Усл.	Усл.	Усл.	Усл.	Усл.	Усл.	Усл.	60 x 400	1	1785	
И 04	Усл. материалы										
И 05	Усл. материалы										
И 06	Усл. материалы										
И 07	Усл. материалы										
И 08	Усл. материалы										
И 09	Усл. материалы										
И 10	Усл. материалы										
И 11	Усл. материалы										
И 12	Усл. материалы										
И 13	Усл. материалы										
И 14	Усл. материалы										
И 15	Усл. материалы										
И 16	Усл. материалы										
МК	Усл. материалы										





Примеры полной и сокращенной записи содержания переходов обработки резанием  
(ГОСТ 3.1702 - 79)

Эскиз	Запись перехода полная	Эскиз	Запись перехода сокращенная
	<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность, поддерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть, полировать и т. п.) поверхность 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку, поддерживая размеры 1 - 4</p>		<p>Точить (шлифовать, полировать и т. п.) выточку 1</p>
	<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус, поддерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Точить (шлифовать, притереть и т. п.) конус 1</p>
	<p>Нарезать (фрезеровать, накатать, шлифовать и т. п.) резьбу, поддерживая размеры 1 и 2</p>		<p>Нарезать (фрезеровать, накатать и т. п.) резьбу 1</p>
	<p>Долбить (протянуть) шлицы, поддерживая размеры 1 - 3</p>		<p>Долбить (протянуть) шлицы 1</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

**Наименование операций обработки резанием  
(ГОСТ 3.1702 – 79)**

Номер		Наименование операции	Номер		Наименование операции
операции	группы операций		операции	группы операций	
1	2	3	1	2	3
01	01	Автоматно-линейная	20	04	Шлицефрезерная
02	02	Агрегатная	21	05	Комбинированная
03	03	Долбежная	22	06	Виброабразивная
04	04	Зубодолбежная	23	06	Галтовка
05	04	Зубозакругляющая	24	06	Доводочная
06	04	Зубонакатная	25	06	Опиловочная
07	04	Зубообкатывающая	26	06	Полировочная
08	04	Зубоприрабатывающая	27	06	Притирочная
09	04	Зубопритирочная	28	06	Суперфинишная
10	04	Зубопротяжная	29	06	Хонинговальная
11	04	Зубострогальная	30	07	Абразивно-отрезная
12	04	Зубокапная	31	07	Ленточно-отрезная
13	04	Зубофрезерная	32	07	Ножовочно-отрезная
14	04	Зубохонинговальная	33	07	Пило-отрезная
15	04	Зубошвинговальная	34	07	Токарно-отрезная
16	04	Зубошлифовальная	35	07	Фрезерно-отрезная
17	04	Специальная зубообработывающая	36	08	Расточная с ЧПУ
18	04	Шлиценакатная	37	08	Сверлильная с ЧПУ
19	04	Шлицестрогальная	37	08	Сверлильная с ЧПУ

Продолжение таблиц 61

1	2	3	1	2	3
38	08	Токарная с ЧПУ	58	14	Вальцетокарная
39	08	Фрезерная с ЧПУ	59	14	Лоботокарная
40	08	Шлифовальная ЧПУ	60	14	Резьботокарная
41	09	Вертикально-протяжная	61	14	Специальная токарная
42	09	Горизонтально-протяжная	62	14	Токарная бесцентровая
43	10	Алмазно-расточная	63	14	Токарная винторезная
44	10	Вертикально-расточная	64	14	Токарно-затыловочная
45	10	Горизонтально-расточная	65	14	Токарно-карусельная
46	10	Координатно-расточная	66	14	Токарно-копировальная
47	11	Болторезная	67	14	Токарно-револьверная
48	11	Гайкорезная	68	14	Торцеподрезная центровая
49	11	Резьбонакатная	69	15	Барабанно-фрезерная
50	12	Вертикально-сверлильная	70	15	Вертикально-фрезерная
51	12	Горизонтально-сверлильная	71	15	Горизонтально-фрезерная
52	12	Координатно-сверлильная	72	15	Гравировально-фрезерная
53	12	Радиально-сверлильная	73	15	Карусельно-фрезерная
54	12	Сверлильно-центровая	74	15	Копировально-фрезерная
55	13	Поперечно-строгальная	75	15	Продольно-фрезерная
56	13	Продольно-строгальная	76	15	Резьбофрезерная
57	14	Автоматная токарная	77	15	Специальная фрезерная

## Окончание таблицы/

1	2	3	1	2	3
78	15	Универсально-фрезерная			
79	15	Фрезерно-центровая	88	16	Ленточно-шлифовальная
80	15	Шпоночно-фрезерная	89	16	Обдирочно-шлифовальная
81	16	Бесцентрово-шлифовальная	90	16	Плоско-шлифовальная
82	16	Вальце-шлифовальная	91	16	Резьбо-шлифовальная
83	16	Внутри-шлифовальная	92	16	Торце-шлифовальная
84	16	Заточная	93	16	Центро-шлифовальная
85	16	Карусельно-шлифовальная	94	16	Шлифовальная специальная
86	16	Координатно-шлифовальная	95	16	Шлифовально-затыловочная
87	16	Круглошли-фовальная	96	16	Шлице-шлифовальная

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

**Ключевые слова технологических переходов  
обработки резанием.  
Коды (ГОСТ 3.1702 – 79)**

Код	Ключевое слово	Код	Ключевое слово
01	Вальцевать	28	Строгать
02	Врезаться	29	Суперфинишировать
03	Галтовать	30	Точить
04	Гравировать	31	Хонинговать
05	Довести	32	Шевинговать
06	Долбить	33	Шлифовать
07	Закруглить	34	Цековать
08	Заточить	35	Центровать
09	Затыловать	36	Фрезеровать
10	Зенкеровать, зенковать	80	Выверить
11	Навить	81	Закрепить
12	Накатать	82	Настроить
13	Нарезать	83	Переустановить
14	Обкатать	84	Переустановить и закрепить
15	Опилить	85	Переустановить, выверить и закрепить
16	Отрезать		
17	Подрезать	86	Переместить
18	Полировать	87	Поджать
19	Притирать	88	Проверить
20	Приработать	89	Смазать
21	Протянуть	90	Снять
22	Развернуть	91	Установить
23	Развальцевать*	92	Установить и выверить
24	Раскагать*	93	Установить и закрепить
25	Рассверлить	94	Установить, выверить и закрепить
26	Расточить		
27	Сверлить		

*Примечание.* Звездочкой помечены операции, не относящиеся к обработке резанием, но выполняемые на оборудовании, которое применяют при обработке резанием.

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

**Наименование обрабатываемых поверхностей  
и конструктивных элементов.  
Коды (ГОСТ 3.1702 – 79)**

Код	Наименование		Код	Наименование	
	полное	сокращенное		полное	сокращенное
001	Буртик	Бурт.	020	Паз	—
003	Выточка	Выт-ка	022	Поверхность	Поверхн.
005	Галтель	Галт.	024	Пружина	Пруж.
007	Деталь	Дет.	026	Резьба	Р-ба
009	Заготовка	Загот.	027	Рифление	Рифл.
010	Зуб	—	028	Ступень	Ступ.
012	Канавка	Канав.	029	Сфера	—
014	Контур	К-р	030	Торец	Т-ц
015	Конус	Кон.	032	Фаска	Ф-ка
016	Лыска	Л-ка	034	Червяк	Черв.
018	Отверстие	Отв.	035	Цилиндр	Цил.

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

**Дополнительная информация. Коды (ГОСТ 3.1702 – 79)**

Код	Наименование дополнительной информации	
	полное	сокращенное
01	Внутренняя	Внутр.
02	Глухое	Глух.
03	Кольцевая	Кольц.
04	Коническая	Конич.
05	Криволинейная	Криволин.
06	Наружное	Нар.
11	Сквозное	Сквозн.
12	Спиральная	Спир.
15	Ступенчатая	Ступенч.
16	Уплотнительная	Уплотн.
20	Фасонная	Фасон.
25	Шлицевый	Шлиц.
26	Шпоночный	Шпон.
27	Т-образный	—
28	"Ласточкин хвост"	—
01	Окончательно	Оконч.
02	Одновременно	Одновр.
03	По копиру	По копир.
04	По программе	По прогр.
05	Последовательно	Посл.
06	Предварительно	Предв.
07	С подрезкой торца	С подрез. торц.
08	С подрезкой торцов	С подрез. торцов
09	Согласно чертежу	Согл. черт.
10	Согласно эскизу	Согл. эск.

Расчеты технических норм времени

Таблица 1

Приближенные формулы для определения норм времени по размерам обрабатываемой поверхности

Основное технологическое время $T_o \cdot 10^{-3}$ мин	Формула
1	2
Черновая обточка за один проход	0,17 dl
Чистовая обточка по 11-му качеству	0,1 dl
Чистовая обточка по 9-му качеству	0,17 dl
Черновая подрезка торца $R_a 6,3$	$0,037 (D^2 - d^2)$
Чистовая подрезка торца $R_a 1,6$	$0,052 (D^2 - d^2)$
Отрезание	$0,19 D^2$
Черновое и чистовое обтачивание фасонным резцом	$0,63 (D^2 - d^2)$
Шлифование грубое по 11-му качеству	0,07 dl
Шлифование чистовое по 9-му качеству	0,1 dl
Шлифование чистовое по 6-му качеству	0,15 dl
Растачивание отверстий на токарном станке	0,18 dl
Сверление отверстий	0,52 dl
Рассверливание $d = 20 - 60$ мм	0,31 dl
Зенкерование	0,21 dl
Развертывание черновое	0,43 dl
Развертывание чистовое	0,86 dl
Внутреннее шлифование отверстий 9-го качества	1,5 dl
Внутреннее шлифование отверстий 7-го качества	1,8 dl
Черновое растачивание отверстий за один проход $R_a 12,5$	0,2 dl
Черновое растачивание под развертку	0,3 dl
Развертывание плавающей разверткой по 9-му качеству	0,27 dl
Развертывание плавающей разверткой по 7-му качеству (здесь $d$ – диаметр; $l$ – длина обрабатываемой поверхности; $D$ – диаметр обрабатываемого торца, мм; $D - d$ – разность наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемого торца, мм).	0,52 dl
Протягивание отверстий и шпоночных канавок ( $l$ – длина протяжки, мм)	$T_o = 0,4 l$
Строгание черновое на продольно-строгальных станках	$T_o = 0,065 Bl$
Строгание чистовое под шлифование или шабрение	$T_o = 0,034 Bl$
Фрезерование черновое торцовой фрезой:	
за проход	$T_o = 6 l$
чистовое	$T_o = 4 l$

## Окончание таблицы 1

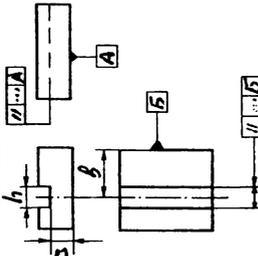
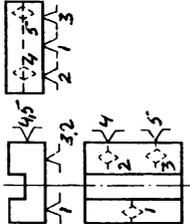
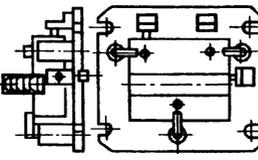
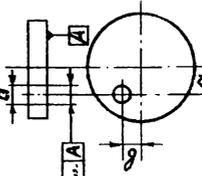
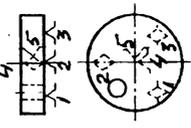
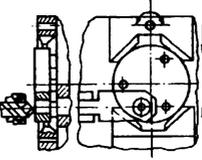
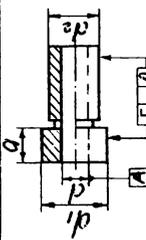
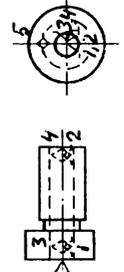
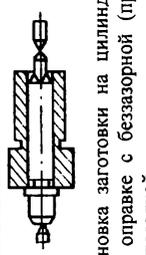
1	2
Фрезерование черновое цилиндрической фрезой	$T_o=7 l$
Шлифование плоскостей торцом круга (здесь $B$ – ширина обрабатываемой поверхности, мм; $l$ – длина обрабатываемой поверхности, мм)	$T_o=2,5 l$
Фрезерование зубьев червячной фрезой ( $D = 80 - 300$ мм)	$T_o=2,2D b$
Обработка зубьев червячных колес ( $D = 100 - 400$ . Здесь $D$ – диаметр зубчатого колеса, мм; $b$ – длина зуба, мм)	$T_o=60,3 D$
Фрезерование шлицевых валов методом обкатки	$T_o = 9 l z$
Шлицешлифование (здесь $l$ – длина шлицевого валика, мм; $z$ – число шлицев)	$T_o=4,6 l z$
Нарезание резьбы на валу ( $d = 32 - 120$ мм)	$T_o=19 d l$
Нарезание метчиком отверстий ( $d = 10 - 24$ . Здесь $d$ – диаметр резьбы, мм; $l$ – длина резьбы, мм)	$T_o=0,4 d l$
Штучно-калькуляционное время	$T_{ш-к} = \varphi_k T_o$

Таблица 2

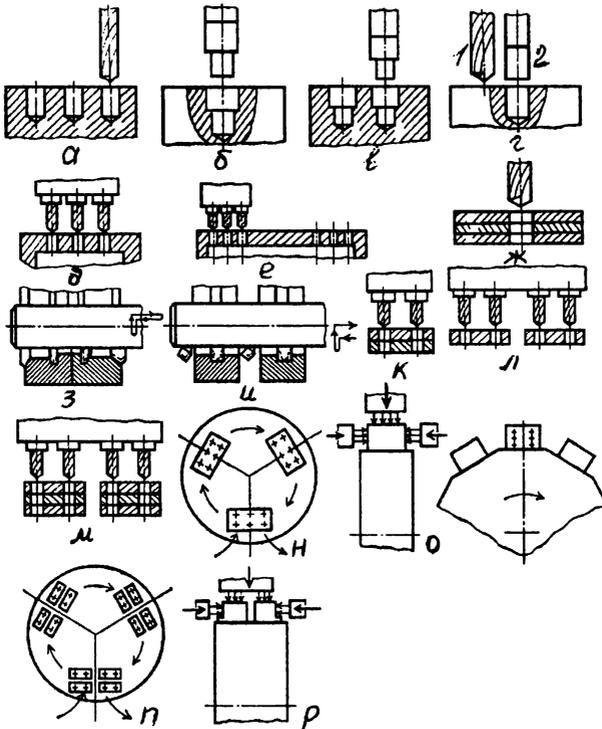
Величина коэффициента  $\varphi_k$ 

Виды станков	Производство	
	единичное и мелко-серийное	крупносерийное
Токарные	2,14	1,36
Токарно-револьверные	1,98	1,35
Токарно-многорезцовые	–	1,50
Вертикально-сверлильные	1,72	1,30
Радиально-сверлильные	1,75	1,41
Расточные	3,25	–
Круглошлифовальные	2,10	1,55
Строгальные	1,73	–
Фрезерные	1,84	1,51
Зуборезные	1,66	1,27

Примеры разработки схем базирования

Задача	Теоретическая схема базирования	Пример возможности реализации теоретической схемы базирования
<p>При фрезеровании паза шириной <math>h</math> выдержать размеры <math>a</math> и <math>b</math>, параллельность оси паза относительно поверхности <math>B</math>, а дна паза — относительно основания <math>A</math></p> 		
<p>При обработке отверстия <math>d</math> в диске выдержать размеры <math>a</math> и <math>b</math> и обеспечить перпендикулярность оси отверстия <math>d</math> относительно поверхности <math>A</math></p> 		
<p>При обработке поверхностей диаметром <math>d_1</math> и <math>d_2</math> обеспечить их соосность с отверстием <math>d</math> и выдержать размер <math>a</math></p> 		 <p>Установка заготовки на цилиндрической оправке с безазорной (прессовой) посадкой</p>

Схемы обработки

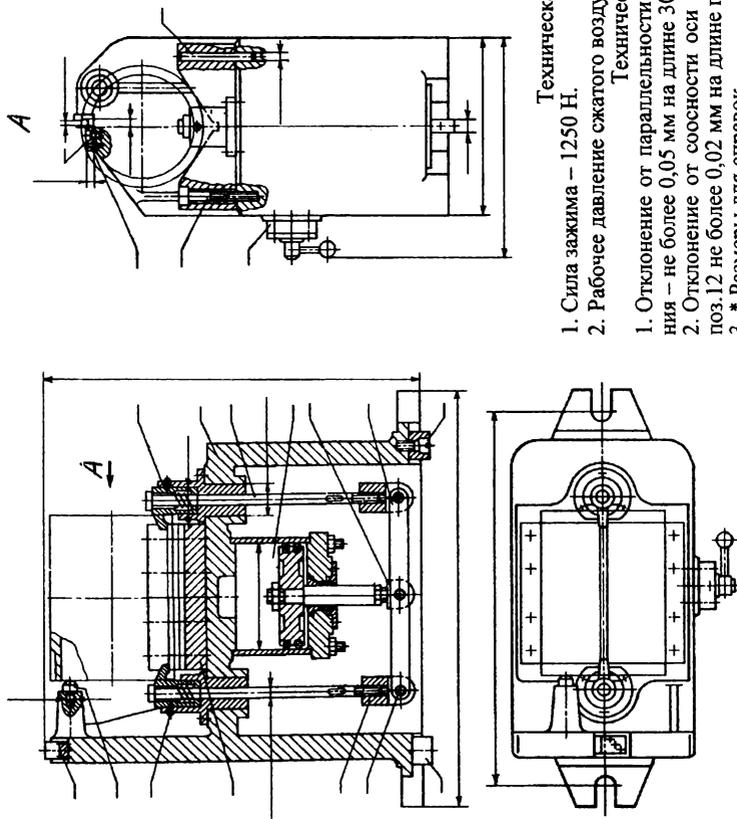


Варианты схем обработки:

*a* – односторонняя последовательная одноинструментная обработка; *b* – односторонняя параллельная одноинструментная обработка; *v* – односторонняя параллельно-последовательная одноинструментная обработка; *z* – односторонняя последовательная многоинструментная обработка; *d* – односторонняя параллельная многоинструментная обработка; *e* – односторонняя параллельно-последовательная многоинструментная обработка; *ж* – многосторонняя последовательная одноинструментная обработка; *з* – многосторонняя параллельная многоинструментная обработка; *и* – многосторонняя параллельно-последовательная многоинструментная обработка; *к* – многосторонняя последовательная многоинструментная обработка; *л* – многосторонняя параллельная многоинструментная обработка; *м* – многосторонняя параллельно-последовательная многоинструментная обработка; *н* – многопозиционная односторонняя одноинструментная обработка; *о* – многопозиционная односторонняя многосторонняя многоинструментная обработка; *п* – многопозиционная многосторонняя многоинструментная обработка

\* Сборный и многокромочный инструмент условно принят за один инструмент.

Пример оформления чертежа приспособления



Техническая характеристика

1. Сила зажима – 1250 Н.
  2. Рабочее давление сжатого воздуха – 0,4 МПа.
- Технические требования
1. Отклонение от параллельности оси призмы поз.2 относительно основания – не более 0,05 мм на длине 300 мм.
  2. Отклонение от соосности оси призмы поз.2 относительно оси шпонки поз.12 не более 0,02 мм на длине призмы.
  3. \* Размеры для справок.
  4. Покрытие приспособления – эмаль НЦ132 П желтая (ГОСТ 6631 – 74).

Козлова Татьяна Алексеевна

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Учебное пособие



Редактор Н. М. Юркова

Печатается по постановлению  
редакционно-издательского совета университета

Лицензия ЛР № 040328 от 10.04.97

Печатано в печать 23.05.01. Формат 60x84/16. Бумага писчая № 1.  
печ. л. 7,6. Уч.-изд. л.7,9. Тираж 300 экз. Заказ № **20**  
Издательство Уральского государственного профессионально-педагогического  
университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.  
Граф УГППУ. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

