

# **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра машиностроения

# НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019

УДК 621.7/09; 621.9(075.83)

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ:** Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *С.Л. Иванов, П.В. Иванова, С.Ю. Кувшинкин, А.В. Михайлов*. СПб, 2019. 57 с.

Изложены цели и задачи курсовой работы, требования к содержанию расчетно-пояснительной записки и графической части; основные вопросы проектирования технологических процессов механической обработки деталей. Даны рекомендации и пояснения по выполнению работы.

Методические указания предназначены для студентов магистратуры направления 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», а также могут быть полезны для студентов направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», изучающих учебную дисциплину «Основы технологии машиностроения» и специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Горные машины и оборудование», изучающих учебную дисциплину «Основы технологии горного машиностроения».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент канд. техн. наук *Е.Ю. Стенук* (СКБЭ ЗАО «Эс-Сервис»)

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовая работа направлена на закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами во время изучения общетехнических и специальных дисциплин. В процессе выполнения курсовой работы студенты должны научиться пользоваться справочной литературой, ГОСТами, таблицами, умело сочетая справочные данные с теоретическими знаниями.

Целью выполнения курсовой работы является систематизация и применение теоретических знаний для решения практических инженерно-технических задач по проектированию технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий в условиях современного производства.

В процессе разработки технологии изготовления детали студентом решаются следующие вопросы: выбор способа получения заготовки, металлорежущего оборудования; режущего и измерительного инструментов; назначение припусков на обработку, режимов резания и норм времени; проектирование оригинального или модифицированного станочного или сборочного приспособления.

Задание на курсовую работу студент получает от руководителя в соответствии с графиком выдачи заданий. Задание содержит чертеж детали (узла) и конкретные условия производства данного изделия: программу, технические условия и т.д.

Темой курсовой работы может быть исследовательская работа по заданию завода, лаборатории или кафедры. Как правило, студент разрабатывает единый технологический процесс изготовления типовой детали.

Курсовая работа после проверки руководителем и внесения в него соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите. Законченная работа должна содержать расчетно-пояснительную записку, выполненную и оформленную в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам, а также нормативными документами Санкт-Петербургского горного университета, и графическую часть работы, оформленную в соответствии с нормами ЕСКД и ЕСТД.

# 1. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

## 1.1 Общие правила оформления

Курсовая работа состоит из пояснительной записки (ПЗ), графических материалов и альбома технологической документации.

Пояснительная записка является основным документом курсовой работы, в которой приводится информация о выполненных расчетах, технических разработках. Материал должен быть изложен в логической последовательности, достаточно убедительно и аргументировано, с необходимыми иллюстрациями (схемами, таблицами, графиками) и расчетами.

Структура курсовой работы строится обычно в указанной ниже последовательности:

- титульный лист (Приложение 1);
- задание (Приложение 2);
- аннотация;
- оглавление;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- библиографический список.

Курсовой работе присваивается шифр (обозначение), который состоит из букв КР (курсовая работа), номера направления (150402), номера группы (например, МММ18-1), порядкового номера по фамилии студента в журнале преподавателя-руководителя курсового проекта (01, 02, ..., 25). На титульном листе и основных надписях пояснительной записки проставляется этот же шифр, полная запись которого, например: КР150402МММ18(1)03. В обозначение каждого листа чертежей добавляется еще его порядковый номер. Например, КР150402МММ18(1)03 01 (02, 03, 04 ...).

Пояснительная записка курсовой работы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ на листах формата А4 средствами текстового процессора Microsoft Word. Поля: левое 25 мм; правое, верхнее и нижнее – 20 мм. Стиль шрифта – Times New Roman, размер шрифта для заголовков глав и других рубрикаций – 14, для тек-

ста – 12, межстрочный интервал – 1,5. Заголовки печатаются без переносов и выравниваются по центру.

Иллюстративный материал пояснительной записки (рисунки, схемы, графики) выполняются средствами компьютерной графики. Каждая иллюстрация должна иметь название и быть пронумерована.

Формулы набираются с помощью редактора формул, формулы располагаются по центру, нумерация проставляется в круглых скобках в правом положении на строке. Латинские буквы набираются курсивом; русские, греческие буквы, цифры и химические символы, критерии подобия – прямым.

В тексте делаются ссылки на использованную литературу. Номера литературных источников заключаются в квадратные скобки, а в списке использованных источников нумерация выполняется в алфавитном порядке.

Графический материал курсовой работы включает:

1. Рабочий чертеж детали;
2. Рабочий чертеж заготовки;
3. Технологические операционные эскизы;
4. Сборочный чертеж приспособления.

Альбом технологической документации состоит из комплекта маршрутных карт (МК), операционных карт (ОК) и карт эскизов (КЭ).

При защите курсовой работы студент должен осветить основные вопросы, которые излагаются в пояснительной записке:

- служебное назначение детали;
- предъявляемые технические требования;
- технологическое обеспечение;
- обоснование выбора заготовки;
- технологичность конструкции детали;
- принципы построения технологического процесса;
- работа и конструкция приспособления.

## **1.2 Оформление графической части работы**

Графическая часть состоит из чертежа детали, заготовки, сборочного чертежа приспособления, демонстрационных плакатов с

технологическими эскизами. Все чертежи выполняются по общим правилам ЕСКД.

Рекомендуется масштаб чертежей 1:1 (или в увеличенном масштабе), так как он обеспечивает лучшее представление о действительных размерах элементов конструкции. Применение других масштабов и форматов чертежей в каждом конкретном случае решается студентом совместно с руководителем курсового проекта.

### **1.2.1 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 3.1125-88). Внешнее оформление чертежей должно соответствовать стандартам ЕСКД. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) 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 2.109-73; ГОСТ 2.301-68; ГОСТ 2.308-2011; ГОСТ 2.309-73; ГОСТ 2.310-68 и др.). При этом указываются технические требования, предъявляемые к материалу детали, термической обработке, качеству поверхностей, размеры, предельные отклонения и др. Порядок нанесения технических требований на чертеже регламентируется ГОСТ 2.316-2008.

Для заготовок (поковка, штамповка, отливка) указывается 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 3.1126-88, ГОСТ 3.1125-88.

Контур заготовки вычерчивают сплошными контурными линиями по номинальным размерам. Готовую деталь на чертеже заготовки наносят тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, давая лишь необходимые ее контуры, наглядно показывающие наличие припусков на обработку. Числовые значения припусков также дают на чертеже. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в отливке, вычерчивают тонкой штрихпунктирной линией. На чертеже заготовки должны быть даны технологические (исходные) базы, используемые на первой операции механической обработки.

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 изображения заготовки штамповки приведен на рисунке 1.1.

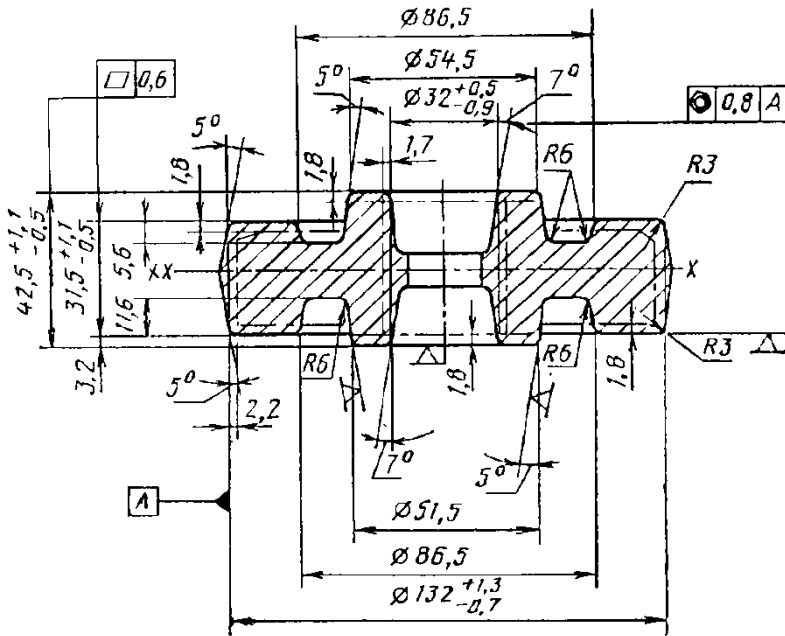


Рис. 1.1. Чертеж штампованной поковки



### **1.2.2 Сборочный чертеж приспособления**

Сборочный чертеж приспособления 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 2.109-73 и помещается как приложение в пояснительную записку.

Сборочный чертеж должен содержать необходимые технические требования (ГОСТ 2.316-2008) и оформляется в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

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

### **1.2.3 Операционные эскизы**

Операционные эскизы оформляют для отдельных операций разработанного технологического процесса. На каждый технологический переход операции оформляется отдельный эскиз.

Допускается несколько переходов отображать на одном эскизе. Допускается оформлять эскизы не для всех переходов операции.

Операционный эскиз содержит текстовую, графическую и табличную части.

В текстовой части указывают номер и наименование операции, номер или номера переходов. Номер и наименование операции, номера установов и переходов указывают согласно технологическому процессу. Например, «015. Токарно-винторезная. Установ 2. Переход 6».

Наименование операции следует записывать в соответствии с ГОСТ 3.1702-79, например, «Токарно-винторезная».

На графической части операционного эскиза изображают инструмент, элементы крепления инструмента и заготовки (фрагменты резцедержателя, шпинделя, оправки и т.п.). Пример оформления операционного эскиза показан на рисунке 1.2.

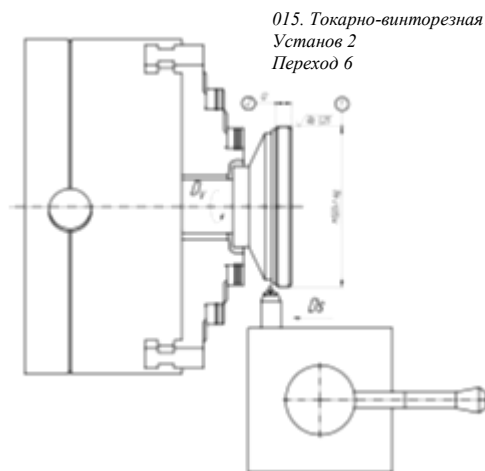


Рис. 1.2. Операционный эскиз

Табличная часть операционного эскиза должна содержать информацию о технологических режимах и указывают только для операции, выполняемой на данном оборудовании. Под операционным эскизом конкретного перехода должна быть приведена таблица (см. таблица 1) режимов обработки, содержащая следующие графы:

- номер операции;
  - номер позиции;
  - номер перехода;
  - наименование операции и содержание перехода;
  - модель оборудования;
  - наименование обрабатывающего инструмента;
- режим обработки.

Таблица 1

Таблица к операционному эскизу

Наименование и модель станка	$t$ , мм	$s$ , мм/об. (мм/мин)	$n$ , об/мин	$V$ , м/мин	$T_0$ , мин	$T_{шт}$ , мин

Допускает приводить обобщенную таблицу режимов обработки для всех переходов данной операции. Таблицу режимов обработ-

ки следует размещать в правой верхней или нижней частях листа, но она не должна примыкать к основной надписи.

Если для обработки какой-либо поверхности применяют несколько последовательно работающих инструментов (сверло, зенкер, развертка), то они изображаются в ряд последовательно.

### **1.3 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 (ТЛ) (ГОСТ 3.1105-2011 форма 2);
- маршрутную карту (МК) (ГОСТ 3.1118-82 форма 1, 1а, 1б);
- операционные карты (ОК) механической обработки (ГОСТ 3.1404-86 формы 2, 2а, 3)
- карты эскизов (КЭ) (ГОСТ 3.1105-2011 формы 7,7а)

Маршрутная карта МК – 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 маршрутных карт МК установлены ГОСТ 3.1118-82 (формы 1, 1а, 1б).

Операционная карта ОК – описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения. Операционные карты заполняются на все операции механической обработки.

## **2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ**

Проектирование технологических процессов состоит из следующих взаимосвязанных этапов, 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 проработанные исходные данные для разработки технологического процесса.

Технологическая подготовка включает:

- служебное назначение и техническую характеристику детали;
- анализ технологичности конструкции детали (отработка конструкции детали на технологичность);
- определение типа производства.

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

Третий этап - собственно разработка технологического процесса:

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

На четвертом этапе выполняются технологические расчеты припусков, точности обработки, размерных цепей, режимов резания и технических норм времени.

## **2.1 Исходная информация для курсовой работы**

Исходная информация для выполнения курсовой работы 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, в стандартах на оборудование и оснастку. А также в производственных инструкциях, материалах по выбору технологических

нормативов (режимов обработки, припусков и др.), документации по охране труда.

Справочная информация содержится также в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, в периодических изданиях.

В ПЗ студент приводит список справочной и руководящей информации, которую он собрал и использовал при выполнении курсовой работы.

На основе изучения исходной информации необходимо произвести технологическую подготовку исходных данных, необходимых для проектирования технологического процесса. Содержание технологической подготовки приведено ниже.

### **2.1.1 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, исходя из служебного назначения детали и условий их изготовления.

Служебное назначение детали должно включать функциональное назначение 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 для служебного назначения, и 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 – легированная конструкционная при-

меняется 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 данные сводятся в таблицы 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Химический состав стали 20Х (ГОСТ 4543-2016), %

С	Si	Mn	Cr
0,17-0,23	0,17-0,37	0,50-0,80	0,70-1,00

Таблица 2.2 – Механические свойства стали 20Х

Предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ), МПа	Предел прочности при растяжении ( $\sigma_b$ ), МПа	Относительное удлинение после разрыва ( $\delta_5$ ), %	Относительное сужение ( $\psi$ ), %	Ударная вязкость (КСУ) <sub>2</sub> , кДж/м <sup>2</sup>
640	780	11	40	59

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

### 2.1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия направлен на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на технологическую подготовку производства. Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономичное изготовление изделия и удовлетворяет следующим требованиям:

1. Конфигурация деталей и их материалы позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки (точное кокильное литье, литье под давлением,

объемную штамповку и вытяжку, холодную штамповку 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. Использованы 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 (корпусов, валов, колес зубчатых и т. д.) подробно изложены в справочной литературе.

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

Технологичность конструкции детали оценивают на двух уровнях – качественном и количественном.

Качественная оценка предшествует количественной и сводится к определению соответствия конструкции детали указанным выше требованиям.

Количественную оценку технологичности конструкции детали производят по следующим коэффициентам:

1. Коэффициент использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_3} \quad (2.1)$$

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

$M_3$  – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

2. Коэффициент точности обработки детали

$$K_{\text{т}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_0} \quad (2.2)$$

где  $T_{\text{н}}$  – число размеров не обоснованной степени точности обработки;

$T_0$  – общее число размеров, подлежащих обработке.

3. Коэффициент шероховатости поверхностей детали

$$K_{\text{ш}} = \frac{\text{Ш}_{\text{н}}}{\text{Ш}_0} \quad (2.3)$$

где  $\text{Ш}_{\text{н}}$  – число поверхностей детали не обоснованной шероховатости, шт;

$\text{Ш}_0$  – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке, шт.

4. Трудоемкость изготовления детали

$$T_{\text{д}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{шт}i} \quad (2.4)$$

где  $t_{\text{шт}i}$  – штучное время  $i$ -той операции, мин;

$n$  – количество технологических операций.

5. Технологическая себестоимость детали

$$C_{\text{д}} = C_{\text{м}} + C_3 + C_{\text{об}}, \quad (2.5)$$

где  $C_{\text{м}}$  – стоимость исходного материала, руб.;

$C_3$  – стоимость получения заготовки, руб.;

$C_{\text{об}}$  – стоимость обработки детали, руб.

Стоимость заготовки из проката упрощенно можно определить по затратам на материал, необходимого для ее получения. Затраты на материал определяются по массе проката, требующегося на изготовление детали, и массе сдаваемой стружки. При этом необходимо учитывать стандартную длину прутков и отходы в результате не кратности длины заготовок этой стандартной длине:

$$C_{\text{м}} = [QS - (Q - q)S_{\text{отх}} / 1000] k_{\text{инф}} \quad (2.6)$$

где  $Q$  – масса заготовки, кг;  $S$  – цена 1 кг материала заготовки, р.;  $q$  – масса готовой детали, кг;  $S_{\text{отх}}$  – цена 1 т отходов, р.;  $k_{\text{инф}}$  – инфляционный коэффициент, необходимый для приведения уровня цен к современным условиям.

Стоимость заготовок, получаемых такими способами, как литье в обычные земляные формы и кокиль, литье по выплавляемым



моделям, литье под давлением; горячая штамповка на молотах, прессах, ГKM, КГШП, а также электровысадкой, можно с достаточной для курсовой работы точностью определить по формуле:

$$C_M = [C_i Q k_T k_c k_B k_M k_{II} - (Q - q) S_{отх}] k_{инф} / 1000 \quad (2.7)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 т заготовок, р.;  $k_T = 1,05-1,1$ ;  $k_c = 0,7-1,45$ ;  $k_B = 0,8-1,1$ ;  $k_M = 1,1-1,95$ ;  $k_{II} = 0,5-1,44$  – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

Технологичность конструкции по трудоемкости и себестоимости (п. п. 4, 5) может быть определена после завершения разработки технологического процесса.

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. Эти мероприятия должны быть отражены в пояснительной записке.

### 2.1.3 Определение типа производства

Годовая программа выпуска деталей указывается в задании на курсовое проектирование.

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая 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:

- мелкосерийное (при количестве изделий в партии до 25 шт.);
- среднесерийное (при количестве изделий в партии от 25 до 200 шт.);

· крупносерийное (при количестве изделий в партии более 200 шт.).

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по таблице 2.3

Таблица 2.3 – Взаимосвязь типа производства от объема годового выпуска  $N$  (шт.) и массы детали,  $m$

Масса детали, кг	Тип производства ( $m \cdot N$ )				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	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

*В рамках курсовой работы на этом этапе нормирование технологического процесса не выполняется, поэтому тип производства определяется предварительно, без уточнения по коэффициенту закрепления операций ( $K_{3,0}$ ).*

Этот показатель является одной из основных характеристик типа производства. Окончательный расчет  $K_{3,0}$  следует выполнить после определения трудоемкости операций ( $T_{шт(ш-к)}$ ) при расчете технических норм времени (см. раздел 2.5.3) в разработанном технологическом процессе по предложенной методике. Под коэффициентом закрепления операций понимают отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест (ГОСТ 14.004-83 и ГОСТ 3.1121-84).

$$K_{3,0} = \frac{0}{p} \quad (2.8)$$

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

$P$  – 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 курсовой работе технологический процесс по заданию должен быть ориентирован на серийное производство.

Исходя из приведенной формулы (2.8) 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 приведенным формулам.

Располагая штучным или штучно-калькуляционным временем, затраченным на каждую операцию, можно определить количество станков:

$$m_p = \frac{NT_{шт(ш-к)}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}} \quad (2.9)$$

где  $N$  – годовая программа, 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 на участке цеха при двухсменной работе следует принимать: для мелкосерийного производства –  $0,8 \div 0,9$ ; серийного –  $0,75 \div 0,85$ ; крупносерийного и массового –  $0,65 \div 0,75$ .

*Так как на данном этапе тип производства выбран ориентировочно по таблице 2.3, то коэффициент загрузки можно принять в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.*

Все данные расчета следует записать в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

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

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

Далее по каждой операции вычислить значение фактического коэффициента загрузки рабочего места по формуле:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P} \quad (2.8)$$

и тоже записать эти значения в таблицу 2.4.

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. И скорректированное значение O записать в графу таблицу 2.4.

Количество операций, выполняемых на рабочем месте можно определить по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф}} \quad (2.9)$$

После заполнения всех граф таблицу 2.4 подсчитать суммарное значение для O и P, определить  $K_{з.о.}$  и тип производства.

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

а) определить форму организации производственного процесса;

б) рассчитать такт выпуска изделий (крупносерийное, массовое производство) или величины партий их запуска в производство.

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 ра-

бочих мест. При поточной организации производства такт производства деталей определяется по формуле:

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N}, \text{ мин.} \quad (2.10)$$

где  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени, ч.;  
 $N$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

Групповая форма организации производства характеризуется периодическим запуском деталей партиями.

Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом по формуле:

$$n = \frac{Na}{254}, \text{ шт.} \quad (2.11)$$

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.

## **2.2 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***

Прежде всего, следует выяснить служебное назначение детали в машине (узле), определить степень ее важности для эксплуатации машины (узлов) и затем провести подробный анализ технических требований на изготовление по чертежу детали. В результате анализа необходимо сформулировать основные технологические задачи, которые необходимо решить при обработке детали, и при необходимости, откорректировать рабочий чертеж детали.

Основные технологические задачи включают:

1. Точность размеров: диаметральных, линейных, угловых.
2. Точность формы: для цилиндрических деталей в продольном и поперечном сечениях (допуски круглости, цилиндричности, профиля

продольного сечения), для плоскостных деталей (допуски прямолинейности и плоскостности).

3. Точность взаимного расположения поверхности: допуски параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей и т.п.

4. Качество 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 с перечислением наиболее ответственных.

В результате формулируются основные технологические задачи, определяющие структуру технологического процесса, применяемое оборудование, оснастку, квалификацию исполнителя, контрольные операции и др.

В такой последовательности анализируют технические требования, обязательно отмечая наиболее высокие из них. Особое внимание обращают на комплексы взаимосвязанных поверхностей. Решению этих задач должны быть подчинены 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 2.109-73 «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 2.307-2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

## **2.3 Разработка единичного технологического процесса обработки детали**

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

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.

В курсовой работе разрабатывают единичные технологические процессы.

Разрабатываемый 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.

### **2.3.1 Выбор типового технологического процесса**

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 высшую 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.

Класс деталей объединяет совокупность деталей, имеющих одинаковый маршрут операций, осуществляемых на однородном оборудовании с применением однотипных приспособлений и инструментов. В настоящее время созданы технологический классификатор и 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.

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

### **2.3.2 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления**

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

При выборе заготовки необходимо решить следующие вопросы:

- 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 они изготавливаются; экономичность изготовления заготовки, выбранной по предыдущим показателям. Все эти показатели должны учитываться одновременно, т. к. они тесно связаны. Окончательное решение принимают на основании экономического расчета с учетом стоимости метода получения заготовки и механической обработки, с учетом п. 2.1.2.

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

### 2.3.3 Экономическое обоснование выбора заготовки

В курсовой работе предлагается провести упрощенное сравнение возможных вариантов получения заготовки в два этапа:

- сравнение методов получения заготовки по коэффициенту использования материала  $K_{им}$  (2.1). При этом учитываются следующие рекомендации: в массовом производстве  $K_{им} \geq 0,85$ ; в серийном производстве  $K_{им} \geq 0,5 \dots 0,6$ ;

- сравнение методов получения заготовки на основании расчета стоимости заготовки (в рублях) с учетом ее черновой обработки

$$C_з = MЦ_м - M_оЦ_о + C_{з,ч}T_{шт(ш-к)} \left( 1 + \frac{C_ц}{100} \right), \quad (2.12)$$

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

$Ц_м$  – оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки (из проката, свободной ковкой, штамповкой, литьем);

$M_о$  – масса отходов материала, кг;

$Ц_о$  – цена 1 кг отходов, р.;

$C_{з,ч}$  – средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, руб./чел.-ч. Данные требуют корректировки и могут использоваться как справочные;

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

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

Цены и тарифные ставки рабочих, могут быть изменены и приведены в соответствии с информационным справочником «Пульс цен» и нормативными документами, действующими на предприятиях или взяты из интернета с обязательным указанием источника.

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

$$\Delta_3 = (C_{з1} - C_{з2})N, \text{ руб.} \quad (2.13)$$

где  $C_{з1}$ ,  $C_{з2}$  – стоимости сопоставляемых заготовок, руб.;

$N$  – годовая программа, шт.

Данные экономической оценки стоимости заготовки записать в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

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 $K_{им}$		

\* Показатели, характерные для штампованной заготовки.

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

Стоимость выбранной заготовки необходимо учесть при расчете технологической себестоимости механической обработки детали. Выбрав метод получения заготовки, необходимо определить ее форму и изобразить соответствующий эскиз в ПЗ. Окончательно

размеры заготовки должны быть определены после расчета припусков на обработку в п. 2.5.1.

### 2.3.4 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.

Основные принципы, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз 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.);

- базы должны обеспечивать хорошую устойчивость и надежность установки заготовки.

**Выбор баз на завершающих операциях техпроцесса** 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 взаимное расположение поверхностей.

После того как конструкторский чертеж детали скорректирован (отработан на технологичность), определены базы на заключи-

тельных операциях 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.** В данном случае решается следующий круг вопросов:

- обеспечивается правильность взаимного расположения обработанных поверхностей деталей относительно необработанных. Особое внимание следует обращать на поверхности, остающиеся необработанными и связанные размерами с обработанными поверхностями. Если имеются такие поверхности, то именно их следует использовать в качестве баз на 1-й операции;

- осуществляется подготовка технологических баз для дальнейших операций. При этом комплект поверхностей, используемый 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. К таким операциям, например, относятся 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 применением 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, т.к. 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 на промежуточных операциях (между первой и последней операциями) выбирают с учетом следующих соображений:

1. Используют принцип «кратчайших путей», согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые связаны с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью.

2. Не меняют без оснований базы, т.к. переход от одной базы к другой всегда вносит дополнительную ошибку во взаимное расположение поверхностей, обработанных на первой и второй базах. Эта ошибка равна погрешности во взаимном расположении баз.

3. Переходят при смене баз от менее точной к более точной базе, т.к. обработка детали на каждом предшествующем этапе подготавливает ее к обработке на последующих этапах, учитывая, что при переходе от одного этапа к другому должны повышаться не только точность размеров и формы, но и точность взаимного расположения.

4. После термообработки выбирают базы, играющие роль черновых баз. Используя их, вводят 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 выше изложенным рекомендациям, в курсовой работе обосновать выбор технологических баз для всех операций техпроцесса механической обработки детали, показать их на эскизе детали.

### **2.3.5 Выбор методов обработки**

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.

Обработку поверхностей можно выполнять в один или несколько переходов, на каждом из которых используют свой метод обработки. Если заготовка имеет высокую точность, 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 высоких требований, можно ограничиться однократной получистовой и даже черновой обработкой.

Каждый последующий метод обработки одной элементарной поверхности должен быть точнее предыдущего. Точность на каждом последующем переходе обработки обычно повышается на черновых переходах на один-три качества, на чистовых – на один-два качества по точности размера.

Заданная точность поверхности может быть обеспечена, как правило, сочетаниями нескольких вариантов 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.

### **2.3.6 Разработка технологического маршрута обработки детали**

На этом этапе решаются следующие задачи: разрабатывается общий план обработки детали, уточняются методы обработки поверхностей детали и технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, намечается содержание операций.

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

Типовой маршрут является основой проектируемого. При изменении и дополнении типового маршрута руководствуются следующими методическими соображениями: при анализе типового маршрута и при проектировании рабочего необходимо разделить технологический процесс на этапы, выполняемые в порядке возрастания точности этапа, т.е. от черновых к чистовым. Различают три укрупненные стадии обработки: а) черновую (обдирочную), б) чис-

товую и в) 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 этой 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 повышенной 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 деталей рекомендуется производить в следующей последовательности:

а) в первую очередь создают базы для дальнейшей обработки, т.е. обрабатывают поверхности, принятые за базы, используя первые операции технологического маршрута, при этом черновыми базами служат необработанные поверхности;

б) обрабатывают поверхности, где дефекты недопустимы, и поверхности, определяющие контур и габариты детали. На этом этапе снимают основную массу металла;

в) определяют дальнейшую последовательность обработки поверхностей, руководствуясь системой постановки размеров, в первую очередь желательно обрабатывать те поверхности, относительно которых координировано большинство других поверхностей;



г) обрабатывают все поверхности детали в последовательности обратной их точности, самая точная поверхность обычно обрабатывается в последнюю очередь, при обработке точных поверхностей, как правило, технологический маршрут разбивают на черновой, чистовой и отделочный этапы;

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

е) выполняют обработку не основных поверхностей (нарезание резьбы, снятие фасок и пр.) на стадии чистовой обработки;

ж) обрабатывают легко повреждаемые поверхности (наружные зубчатые или шлицевые поверхности и т.п.);

з) планируют 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 наметить тип станка, вид инструмента, средства и методы контроля. Наличие сложных поверхностей указывает на необходимость применения оборудования определенного назначения (зубофрезерного, копировального и т.п.).

Предусматриваются и необходимые контрольные операции с выбором средств технического контроля и измерений.

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

Выбранные средства технологического оснащения уточняются при определении содержания операций.

Разработанный технологический маршрут обработки детали оформляется на бланках маршрутных карт (МК) ГОСТ 3.1118-82 (форма 1 и 1б).

### **2.3.7 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) определяется: методом обработки; возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали; габаритными размерами заготовок и размерами обработки; мощностью, необходимой на резание; производительностью и себестоимостью в соответствии с типом производства; возможностью приобретения и ценой станка; удобством и безопасностью работы станка.

Модели и технические характеристики станков, выпускаемых серийно и используемых в разрабатываемом техпроцессе приводятся в каталогах и справочниках.

Режущий инструмент выбирают с учетом:

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

Средства технического контроля выбирают с учетом точности измерений, достоверности контроля, его стоимости и трудоемкости, требований техники безопасности и удобства работы.

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

### **2.3.8 Разработка технологических операций обработки детали**

При проектировании технологической операции решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции, т.е. последовательность и содержание переходов; выбираются 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 на операции, сведений о точности и шероховатости поверхностей до и после обработки на данной операции, припусков на обработку, такта выпуска или размера партии деталей (в зависимости от типа производства). При уточнении содержания операции окончательно устанавливается, какие поверхности детали будут обрабатываться на 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.

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

В единичном мелко 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.

Заполнение технологических карт для каждой операции (ОК и КЭ) проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1404-86 и ГОСТ 3.1105-2011.

## 2.4 Технологические расчеты

### 2.4.1 Расчет припусков

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 удаляют в процессе механической обработки поверхности для получения чертежных 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).

Операционные припуски на механическую обработку необходимо выбрать по нормативам, а для одной из поверхностей детали, указанной в задании, произвести аналитический расчет.

Общий припуск на механическую обработку

$$\delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \delta_i, \quad (2.14)$$

где  $\delta_i$  – операционный припуск.

Минимальное значение операционного припуска для цилиндрических и плоских поверхностей соответственно:

$$\delta_{min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}; \quad (2.15)$$

$$\delta_{min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i, \quad (2.16)$$

где  $Rz$  и  $T_{i-1}$  – соответственно высота микронеровностей обрабатываемой поверхности и глубина дефектного слоя;  $\rho_{i-1}$  – суммарное значение пространственных отклонений, оставшихся после выполнения предшествующего перехода;  $\varepsilon_i$  – погрешность установки, состоящая из погрешности базирования и закрепления детали, при обработке плоских поверхностей  $\varepsilon_i = \varepsilon_{\delta_i} + \varepsilon_{3_i}$ , при обработке поверхностей вращения  $\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{\delta_i}^2 + \varepsilon_{3_i}^2}$ .

Номинальное значение припуска для всех переходов, кроме первого,

$$\delta_i = \delta_{min_i} + Td_{i-1}; \quad (2.17)$$

для первого перехода в наружных и внутренних поверхностях соответственно

$$\delta_1 = \delta_{min_1} + |ei|; \quad (2.18)$$

$$\delta_1 = \delta_{min_1} + |ES|, \quad (2.19)$$

где  $ei$  и  $ES$  – нижнее и верхнее предельное отклонение заготовки,  $Td$  – допуск.

Операционные размеры для наружных поверхностей при одностороннем припуске:  $A_i = A_{i+1} + \delta_{i+1}$ , для валов:  $D_i = D_{i+1} + 2\delta_{i+1}$ . Для внутренних поверхностей при одностороннем припуске:  $A_i = A_{i+1} - \delta_{i+1}$ , для цилиндрических отверстий:  $D_i = D_{i+1} - 2\delta_{i+1}$ .

Исходные данные для расчета и допуски на операционные размеры приведены в справочнике технолога.

Рассчитанные и определенные по нормативам операционные размеры следует проставить на операционных эскизах в технологических картах механической обработки, а также заполнить таблицу 2.8.

На остальные обрабатываемые поверхности детали (кроме одной расчетно-аналитической) припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры определяются по справочным данным – опытно-статистический метод (ГОСТ 7505-89, 7062-90).

На основании расчета величин припусков определяются предельные размеры заготовки и окончательно оформляется рабочий чертеж в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТов.

Таблица 2.8 – Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм	Допуск, мм
1			
...			
n			

### 2.4.2 Расчет режимов резания

Режимы резания определяются глубиной резания  $t$ , мм; подачей на оборот  $S_0$ , мм/об и скоростью резания  $V$ , м/мин.

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

В курсовой работе 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 назначают по нормативам предприятий или справочникам технолога-машиностроителя.

Исходными данными при выборе режимов резания являются:

- 1) сведения о заготовке (вид заготовки, материал и его характеристика, величина припусков, состояние поверхностного слоя);
- 2) данные об обрабатываемой детали (форма, размеры, допуски на обработку, требования к состоянию поверхностного слоя, к шероховатости);
- 3) данные о режущем инструменте (типоразмер, материал режущей части, геометрические параметры);
- 4) паспортные данные станков (техническая характеристика).

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

В первую очередь устанавливают глубину резания  $t$ . При однопроводной обработке на настроенном станке глубина резания равна припуску. При многопроводной 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. 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 исходя из заданной точности.

Найденное значение подачи корректируют по паспорту станка.

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

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.

Все расчетные, справочные и нормативные параметры режимов резания по всем операциям рекомендуется записать в виде таблицы 2.9 и использовать в последующих расчетах технических норм времени. Кроме этого результаты расчета режимов резания заносят также в операционные карты (ОК).

Таблица 2.9 – Сводная таблица по режимам резания

Наименование операции,	$t$ , мм	$S_0$ , мм/об	$S$ , мм/мин	$n$ , об/мин	$V$ , м/мин	$N$ , кВт
------------------------	----------	---------------	--------------	--------------	-------------	-----------

перехода, по- зиции						

### 2.4.3 Расчет технически обоснованной нормы 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, равной единице нормирования, на выполнение технологической операции.

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

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

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}; \quad (2.20)$$

в массовом производстве определяется норма штучного времени  $T_{шт}$ :

$$T_{шт} = t_0 + t_в + t_{об} + t_{от}, \quad (2.21)$$

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

$n$  – количество деталей в настроечной партии, шт.;

$t_0$  – основное время, мин.;

$t_в$  – вспомогательное время, мин.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_в = t_{y,c} + t_{з,о} + t_{уп} + t_{из}, \quad (2.22)$$

где  $t_{y,c}$  – время на установку и снятие детали, мин.;

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

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

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

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

Время на обслуживание рабочего места  $t_{об}$  в массовом и серийном производстве складывается из времени на организационное об-



служивание  $t_{\text{опр}}$  и времени на техническое обслуживание  $t_{\text{тех}}$  рабочего места:

$$t_{\text{об}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{опр}}; \quad (2.23)$$

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

Нормирование операции осуществляется в соответствии с выбранными методами обработки.

В курсовой работе нормы штучного времени на операцию рассчитываются в соответствии с методическими рекомендациями.

Основное (технологическое) время  $t_o$  определяется расчетом по всем переходам обработки с учетом совмещения переходов (для станочных работ) по формуле

$$t_o = \frac{l \cdot i}{S_m}, \quad (2.24)$$

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:

$$l = l_o + l_{\text{вп}} + l_n + l_{\text{сх}}, \quad (2.25)$$

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

$l_{\text{вп}}$  – длина врезания инструмента, мм;

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

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

Длину  $l_o$  берут из чертежа обрабатываемой поверхности заготовки;  $l_{\text{вп}}$ ,  $l_n$ ,  $l_{\text{сх}}$  определяют по нормативам ( $l_n = l_{\text{сх}} \approx 1 \dots 2$  мм). Значение  $l_{\text{вп}}$  можно определить расчетным путем по схеме обработки.

Вспомогательное время устанавливается по нормативам для каждого перехода.

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{в}} \quad (2.26)$$

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

Перекрываемое время – время выполнения рабочим тех приемов, которые осуществляются в период автоматической работы оборудования. Это время в норму штучного времени не входит.

Неперекрываемое время – норма времени выполнения рабочим приемов при остановленном оборудовании и времени, затрачиваемого на машинно-ручные приемы.

При последовательном выполнении переходов для определения оперативного времени необходимо просуммировать все основные и вспомогательные времена по всем переходам данной операции и только после этого определять остальные составляющие нормы штучного времени. При параллельном выполнении переходов основное и вспомогательное время на операцию берут по длительному переходу обработки.

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

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

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

Подготовительно-заготовительное  $t_{\text{п-з}}$  – интервал времени, затрачиваемый на подготовку исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и приведению 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.

Результаты расчетов технических норм времени рекомендуются свести в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Сводная таблица технических норм времени по операциям

Номер и	$t_o$	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{об}}$	$t_{\text{от}}$	$t_{\text{шт}}$	$t_{\text{п-з}}$	$n$	$t_{\text{ш-к}}$
---------	-------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	-----	------------------

наименование операции		$t_{ус}$	$t_{уп}$	$t_{из}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$					

Трудоемкость операций определяется по следующей формуле:

$$T_{шт(ш-к)} = \sum_{i=1}^n t_{ш(ш-к)}, \quad (2.27)$$

где  $n$  – количество операций.

Все рассчитанные значения технических норм времени должны быть занесены в маршрутную и операционную карты технологической документации.

### 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

В курсовой работе должна присутствовать конструкторская разработка станочного приспособления, которая должна быть результатом самостоятельной творческой работы студента. Приспособление разрабатывается на одну из станочных операций.

#### 3.1 Разработка технического задания

Проектирование специальных средств технологического оснащения следует начинать с подготовки технического задания (ТЗ) в соответствии с ГОСТ 15.001-88. Этапы разработки задания одинаковы при проектировании любых средств технологического оснащения, а содержание работ конкретизируется применительно к условиям курсовой работы.

Прежде чем приступить к разработке ТЗ и непосредственному проектированию конструкции рекомендуется тщательно изучить типовые конструкции аналогичного назначения по технической литературе, а также имеющуюся технологическую оснастку на заводской базе прохождения технологической практики.

Техническое задание следует разрабатывать на основании операционной карты (ОК) и карты эскизов (КЭ).

В ТЗ должно быть указано: а) служебное назначение данного приспособления; б) обеспечение точности установки, постоянства

положения заготовки относительно стола станка и режущего инструмента; в) удобство установки, закрепления и снятия заготовки, время установки заготовки (не должно превышать 0,05 мин.); г) программа выпуска; д) установочные и присоединительные размеры; е) входные данные о заготовке, поступающей на операцию; ж) выходные данные о заготовке на операции; з) необходимые технические данные станка; и) характеристика режущего инструмента (размеры, материал режущей части); к) количество переходов, режимы резания и штучное время на операцию.

### **3.2 Расчет и проектирование станочного приспособления**

Изучив известные конструкции и исходные данные студент приступает к проектированию приспособления.

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 принятой 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, 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.

3. Разработка чертежа общего вида приспособления. Согласно принципиальной расчетной схеме вычерчивают контур обрабаты-

ваемой заготовки (Масштаб 1:1) в тонких линиях. Заготовка считается условно прозрачной. Чертеж заготовки на главном виде должен соответствовать рабочему положению заготовки при обработке на станке. Затем вычерчивают контур выбранных установочных элементов приспособления (штыри, планки, пальцы, призмы, оправки и т.п.). При размещении опор следует учитывать схему базирования заготовки, направление действия сил резания и зажима; действующие стандарты на детали и узлы станочных приспособлений. После этого вычерчивают контуры зажимного устройства; направляющие детали приспособления, определяющие положение режущего инструмента (кондукторные втулки, установы). Наносят контуры корпуса приспособления, объединяя в одно целое все элементы, используя при этом по возможности 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.

## 4. ТИПОВОЙ МАРШРУТ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

### 4.1 Валы

Валы весьма различны по служебному назначению, конструктивной форме, размерам и материалам. В общем машиностроении встречаются 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 процессами.

### 4.2 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 допуски 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.** Шероховатость базовых поверхностей составляет обычно  $R_a = 2,5-0,63$  мкм, рабочих торцов  $R_a = 3,2-1,25$  мкм, остальных неотчетливых поверхностей  $R_z = 80-20$  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 шлицевого вала (рисунок 4.1):

- точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6-8-го квалитетов;
- точность формы регламентируется на опорных шейках - 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, неперпендикулярность рабочих торцов - величиной торцового биения (не более 0,016 мм) относительно базовых поверхностей;
- шероховатость поверхности цилиндрических поверхностей  $R_a = 1,25$  мкм, торцовых  $R_a = 2,5$  мкм. Шлицевой участок подвергается термообработке ТВЧ HRC 50-55.

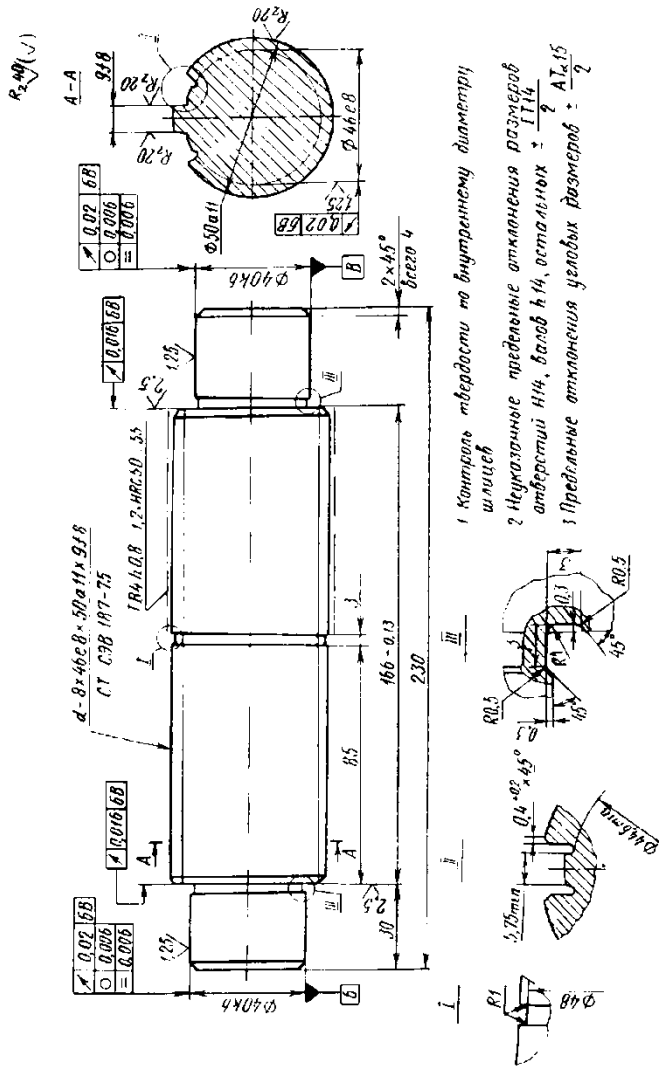


Рисунок 4.1 — Шлицевой вал



### 4.3 Материал заготовки

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 износостойкости. 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. Заготовки такого вида применяют в основном в мелкосерийном и единичном производстве, а также при изготовлении валов с небольшим количеством ступеней, и незначительными перепадами их диаметров.

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

Выбор наиболее рационального способа получения заготовки в каждом отдельном случае определяется комплексно с учетом технико-экономической целесообразности. С увеличением масштаба выпуска особое значение приобретают эффективность использования металла и сокращения трудоемкости механической обработки. Поэтому в крупносерийном и массовом производстве преобладают методы получения заготовок с коэффициентом использования металла от 0,7 и выше (отношение массы детали к норме расхода металла), достигающим в отдельных случаях до 0,95.

При механической обработке валов на настроенных и автоматизированных станках большое значение приобретает и точность заготовки.

#### **4.4 Основные схемы базирования**

Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз для обработки наружных поверхностей, 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.

В качестве примера в таблице 4.1 приводится маршрут технологического процесса механической обработки шлицевого вала рисунком 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический маршрут механической обработки вала

	Наименование и краткое содержание операции	Операционный эскиз
1	2	3
00	Правка прутка $\varnothing 55 \times 5000$ (по мере необходимости) на правильно калиброванном станке типа ПК-90	
05	Отрезка заготовки $\varnothing 55 \times 236$ на прессе типа К223	
10	Фрезерно-центровальная. Фрезерование двух торцов 1 одновременно и центрование отверстий 2 двухстороннем фрезерно-центровальном полуавтомате последовательного действия типа МР71	<p>2 торца, центр. <math>\varnothing 41</math> по ГОСТ 14031-74</p> <p><math>\varnothing 55</math></p> <p><math>230h_{14}</math></p> <p><math>R_{2.4}</math></p> <p><math>\varnothing 50.4</math></p> <p><math>R_{2.4}</math></p> <p>* Размер для справок</p>
15	Токарно-винторезная. Выполняется в два установа на станке 16К20. Обтачивание диаметров 1 и 2 (с припуском под шлифование), обтачивание фасок, протачивание канавок (2-й установ не показан)	<p><math>\varnothing 55</math></p> <p><math>\varnothing 50.4</math></p> <p><math>\varnothing 40.4</math></p> <p><math>R_{2.4}</math></p> <p><math>200.5^{+0.46}</math></p> <p><math>230^*</math></p>

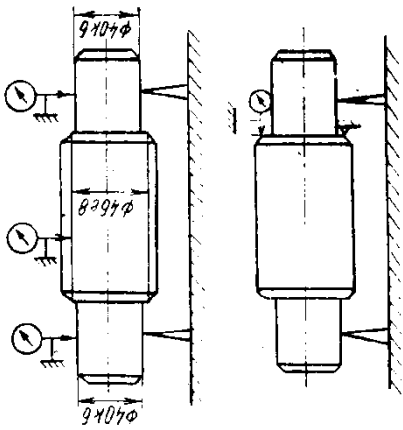
Продолжение табл.4.1

1	2	3
20	Шлицефрезерная. Фрезеровать 8 шлицев (с припуском под шлифование) на горизонтальном шлицефрезерном полуавтомате 5350	
25	Термическая ТВЧ h 0,8...1,2, HRC 50...55 согласно чертежу детали. Установка ТВЧ	
30	Центрошлифовальная. Шлифование фасок двух центровых отверстий 1. Выполняется в два установка на центрошлифовальном станке типа MB119	

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
35	<p>Круглошлифовальная. Выполняется в два установа на станке 3Б151. Шлифование наружных поверхностей 1 и 2 и торца 3 (2-й установ не показан)</p>	
40	<p>Шлицешлифовальная. Шлифование 8 шлицев по внутреннему диаметру и боковым сторонам одновременно</p>	
45	Промывка детали	

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
50	<p>Контроль. В качестве примера приводятся схемы измерения радиального биения базовых поверхностей и торцев относительно обшей оси двух базовых поверхностей</p>	

## РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Основная:*

1. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: Учеб. пособ. Для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 278 с.
2. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: Учеб. пособ. Для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 296 с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения: учеб для вузов. М.: Лань, 2010. – 512 с.
4. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. 138 с

### *Дополнительная:*

5. Андреев Г.Н. и др. Проектирование технологической оснастки механосборочного производства: Учеб пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1999. – 415 с.
6. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшейш.шк., 1983. – 256 с.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1985.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под ред. Г.А. Монахова. М.: Машиностроение, 1974.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1974.
10. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов машиностроения. – Киев: Вища шк., 1985. – 255 с.
11. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича. Л.: Машиностроение, 1978.
12. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.1 /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т.2 /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### ПРИМЕР ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине \_\_\_\_\_  
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Тема работы: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Автор: студент гр. \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(шифр группы) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка: \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

Проверил:  
руководитель работы \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург  
201\_\_ г.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ПРИМЕР ЛИСТА С ЗАДАНИЕМ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (должность, Ф.И.О.)  
"\_\_"\_\_\_\_\_201\_ г.

Кафедра \_\_\_\_\_

## КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине \_\_\_\_\_  
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

### ЗАДАНИЕ

студенту группы \_\_\_\_\_  
(шифр группы) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

1. Тема работы \_\_\_\_\_

2. Исходные данные к работе \_\_\_\_\_

3. Содержание пояснительной записки \_\_\_\_\_

4. Перечень графического материала \_\_\_\_\_

5. Срок сдачи законченной работы \_\_\_\_ 201\_ г.

6. Задание выдал (Руководитель работы) \_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (должность, Ф.И.О.)

7. Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

8. Дата получения задания: \_\_\_\_ 201\_ г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	4
1.1 Общие правила оформления.....	4
1.2 Оформление графической части работы.....	5
1.2.1 Рабочие чертежи детали и заготовки.....	6
1.2.2 Сборочный чертеж приспособления.....	8
1.2.3 Операционные эскизы.....	8
1.3 Оформление технологической документации.....	10
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ.....	10
2.1 Исходная информация для курсовой работы.....	11
2.1.1 Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	12
2.1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	13
2.1.3 Определение типа производства.....	16
2.2 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.....	20
2.3 Разработка единичного технологического процесса обработки детали.....	22
2.3.1 Выбор типового технологического процесса.....	22
2.3.2 Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.....	23
2.3.3 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	24
2.3.4 Выбор технологических баз.....	26
2.3.5 Выбор методов обработки.....	29
2.3.6 Разработка технологического маршрута обработки.....	30
2.3.7 Выбор средств технологического оснащения.....	32
2.3.8 Разработка технологических операций обработки детали.....	34
2.4 Технологические расчеты.....	35
2.4.1 Расчет припусков.....	35
2.4.2 Расчет режимов резания.....	37
2.4.3 Расчет технической нормы времени.....	39
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	42
3.1 Разработка технического задания.....	42
3.2 Расчет и проектирование станочного приспособления.....	43
4. ТИПОВОЙ МАРШРУТ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ.....	45
4.1 Валы.....	45
4.2 Основные технологические задачи.....	45
4.3 Материал заготовки.....	48
4.4 Основные схемы базирования.....	49
РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	56

# **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*Методические указания к курсовой работе  
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

Сост.: *С.Л. Иванов, П.В. Иванова, С.Ю. Кувшинкин, А.В. Михайлов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
машиностроения

Ответственный за выпуск *С.Л. Иванов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 01.11.2019. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 3,3. Усл.кр.-отт. 3,3. Уч.-изд.л. 3,0. Тираж 50 экз. Заказ 947. С 320.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2