

**Министерство образования Иркутской области**

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Иркутской области «Иркутский авиационный техникум»  
(ГБПОУИО «ИАТ»)



**Комплект методических указаний по выполнению  
лабораторных и практических работ по дисциплине**

**МДК.01.01 Технологические процессы  
изготовления деталей машин**

**по специальности**

**15.02.08 Технология машиностроения**

**Иркутск 2017**

РАССМОТРЕНЫ  
ВЦК ТМ  
Протокол № 11 от 11.05.2017 г.  
Председатель ЦК



Кусакин С.Л.

Методические указания разрабо-  
таны на основе рабочей про-  
граммы  
ПМ.01 Разработка техноло-  
гических процессов изгото-  
вления деталей машин,  
учебного плана специальности  
15.02.08 Технология машино-  
строения

**Разработчик:**  
Степанов Сергей Леонидович

## **УВАЖАЕМЫЙ СТУДЕНТ!**

Методические указания по междисциплинарному курсу МДК.03.02 Контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации для выполнения лабораторных работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению лабораторной работы, Вы должны внимательно прочитать цель и задачи занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с ФГОС-3, краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к лабораторной работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о лабораторной работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по лабораторным работам необходимо для получения дифференцированного зачета по дисциплине, поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

**Внимание!** Если в процессе подготовки к лабораторным работам у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий.

Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя.

**Желаем Вам успехов!!!**

## Перечень практических работ

№ работы	Название работы (в соответствии с рабочей про- граммой)	Объём часов на выполне- ние работы	Страница
1	Чтение чертежа детали	2	4
2	Расчет технологичности детали	6	14
3	Конструирование заготовки де- тали	14	18
4	Определение припусков аналити- ческим и статическим методами	4	20
5	Разработка технологического про- цесса механической обработки де- тали типа «вал»	8	42
6	Разработка технологического про- цесса механической обработки корпусной детали	10	48
7	Расчет режимов резания для то- карных, сверлильных и фрезер- ных операций	4	55
8	Нормирование токарных, свер- лильных и фрезерных операций	4	59
9	Разработка расчетно-технологиче- ской карты	8	64

# Практическая работа №1

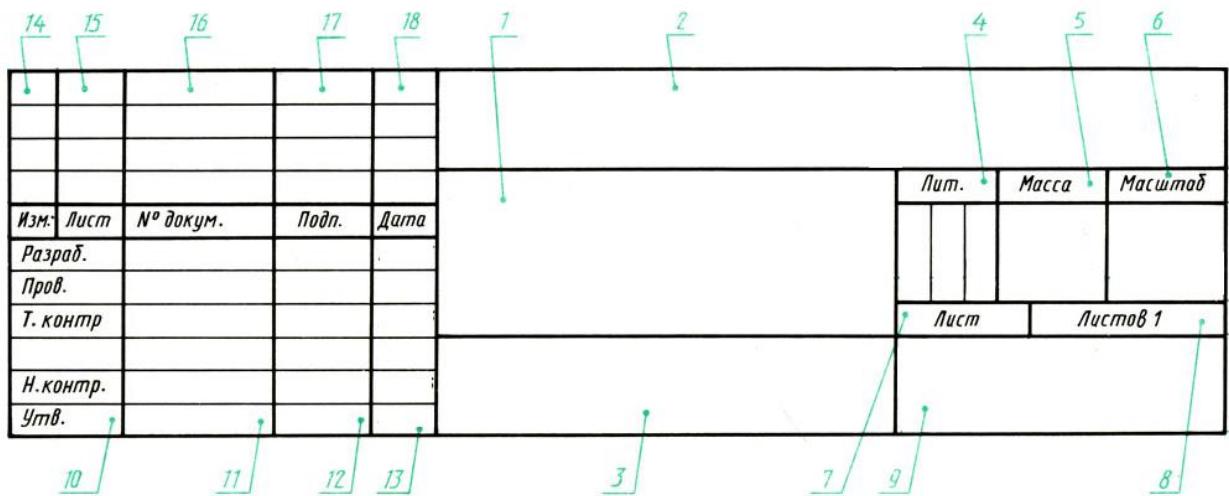
**Тема:** Чтение чертежа детали

**Цель работы:** Отработать навыки чтения конструкторской документации

## Основные понятия:

Чертеж – документ, содержащий графическое изображение изделия точно и полно передающее его форму, а также содержащий все данные, необходимые для изготовления и контроля изделия.

Чтение чертежа начинаем с основной рамки, на которой:



В графе 1 - наименование изделия (в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73), а также наименование документа, если этому документу присвоен код;

В графе 2 - обозначение документа;

В графе 3 - обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

В графе 4 - литеру, присвоенную документу (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки);

В графе 5 - массу изделия по ГОСТ 2.109-73;

В графе 6 - масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68 и ГОСТ 2.109-73);

В графе 7 - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

В графе 8 - общие количество листов (графу заполняют только на первом листе);

В графе 9 - наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ  
(графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа);

В графе 10 - характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: "Начальник отдела", "Начальник лаборатории", "Рассчитал";

В графе 11 - фамилия лиц, подписавших документ:

В графе 12 - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

В графе 13 - дату подписания документа;

В графах 14-18 - графы таблицы изменения, которые заполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74.

Далее на чертеже читают технические требования, предъявляемые к детали или изделию (например: детали изготавливается из штамповки, допуски на размеры и т.д.)

Затем смотрят общую шероховатость и вид обработки:

- ✓ -Обозначение шероховатости поверхности без указания способа обработки;
- ▽ -Обозначение шероховатости поверхности, при образовании которой обязательно удаление слоя материала;
- ✗ -Обозначение шероховатости поверхности, при образовании которой осуществляется без удаления слоя материала.
- /✓/-обозначает, что для всех поверхностей, кроме указанных иначе.

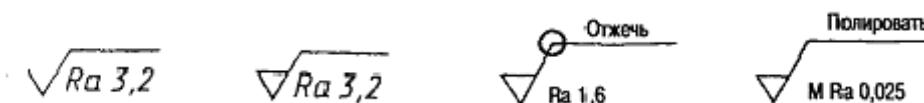
Затем следует рассмотреть изображение чертежа и попытаться представить форму и отдельные элементы детали. Для этого стоит изучить виды, разрезы и сечения, имеющиеся на чертеже. Установить габаритные размеры предмета, определить размерные базы и положения элементов детали. При этом выяснить допускаемые отклонения от назначенных размеров. Выяснить предельные отклонения формы и взаимного расположения поверхностей. Ознакомится с обозначением шероховатости поверхностей.

**Исходные данные (задание):**

Задание выполняется по индивидуальному чертежу детали.  
Прочитать чертеж детали. Ответить на вопросы.

**Порядок выполнения:**

1. Написать цель и тему работы
2. Устно ответить на вопросы
  - a) Каким образом указание квалитета или допуска определяет технологию обработки?
  - b) Укажите назначение квалитетов.
  - c) В каких случаях размеры называются свободными и какими квалитетами характеризуют точность обработки свободных размеров?
  - d) Какими буквами обозначаются основные отклонения: а) в системе отверстия; б) в системе вала
  - e) Определите для размера 25H7: а) схема расположения поля допуска; б) систему, в которой задан размер; в) номинальный размер; г)квалитет
  - f) Поясните условные обозначения шероховатости поверхности



- g) Каково влияние шероховатости на работу деталей машин
3. Выполните чертеж детали с указанием рабочих поверхностей и технических требованиями к ним
4. Определите по чертежу детали:
  - a) число гладких отверстий;
  - b) число резьбовых отверстий;
  - c) число глухих отверстий;
  - d) число видов;
  - e) какое изображение является главным видом и почему.
  - f) есть ли фаски, и если есть, то сколько;
  - g) есть ли скругления, и если есть, то сколько;
  - h) является ли деталь телом вращения (корпусной, листовой и т.д.) и почему;
  - i) имеются ли на чертеже: выносной элемент, местный разрез, дополнительный вид;
  - j) напишите габаритные размеры детали
5. Определите по чертежу шероховатость отдельных поверхностей детали. Расшифруйте обозначение шероховатости
6. Определите предельные отклонения, допуск и квалитет точности размеров детали

7. Определите служебное назначение изделия и дайте его описание.
8. Определите назначение обрабатываемой детали как составной части сборочной единицы. Проанализируйте служебное назначение отдельных элементов детали и поверхностей
9. Проанализируйте материал детали, его химический состав и физико-механические свойства.
10. Определите режимы и условия работы лимитирующих поверхностей или элементов детали и выявите возможные причины выхода ее из строя.
11. Дайте предложения по отделочной и упрочняющей обработке лимитирующих поверхностей с целью обеспечения долговечности детали или по замене материала детали и технологии ее изготовления.
12. Оформите отчет по практической работе и сдайте преподавателю в установленный срок.

### **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска.  
Комплект наглядных пособий: комплект чертежей деталей в бумажном и электронном виде.

### **Вопросы для повторения:**

1. Чертеж – дать определение.
2. Порядок чтения чертежа
3. В каких случаях размеры называются свободными и какими квалитетами характеризуют точность обработки свободных размеров?
4. Каково влияние шероховатости на работу деталей машин?

### **Литература:**

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
2. Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД) : учебник для НПО / А.П. Ганенко, Лапсарь М.И.. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2008. - 352 с.
3. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
4. Куликов В.П. Стандарты инженерной графики : учебное пособие / В.П. Куликов. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2007. - 240 с.
5. Куликов В.П. Инженерная графика : учебник для ссузов / В.П. Куликов, А.В. Кузин. - 3-е изд., испр. - М. : ФОРУМ, 2009. - 366 с.

### **Пример выполнения работы:**

1. Исходные данные

Название детали - \_\_\_\_\_

Марка материала – \_\_\_\_\_

2. Описание формы детали.

3. Чертеж анализируемой детали с обозначением рабочих поверхностей и технических требований к ним.

### **Анализ конструкции детали**

число гладких отверстий;	
число резьбовых отверстий;	
число глухих отверстий;	
число видов;	
какое изображение является главным видом и почему.	
есть ли фаски, и если есть, то сколько;	
есть ли скругления, и если есть, то сколько;	
является ли деталь телом вращения (корпусной) и почему;	
имеются ли на чертеже: выносной элемент, местный разрез, дополнительный вид;	
напишите габаритные размеры детали	

### **Шероховатость поверхностей**

Количество рабочих поверхно-стей	Знак шероховатости	Расшифровка знака

Технические требования к детали - перечислить

4. Характеристика материала (по справочнику)

- Химический состав
- Физико-механические свойства
- Область применения

5. Результаты анализа служебного назначения узла, детали и отдельных элементов и поверхностей детали.

6. Результаты анализа условий работы и причин возможного выхода детали из строя.

7. Предложения по отделочной и упрочняющей обработке рабочих поверхностей

стей детали, выводы о соответствии материала детали заданной долговечности

Вывод: В ходе выполнения работы я научился читать чертежи.

Прочитав основную надпись, я узнал, что деталь называется Шпангоут. Ее номер ПР04.151901.10.32.19; материал - алюминиевый сплав В95оч ГОСТ 4784-97; деталь изображена в масштабе 1:2; масса – 3,6кг.

Разработчик: Иванов С.А.

Предприятие изготовитель: ГБПОУИО «ИАТ» ТМ-ХХ

Прочитав технические требования, я узнал, что деталь изготавливается из штамповки, с последующей обработкой на станках с ЧПУ. Острые кромки притупляются радиусом 0.3 мм и т.д.

Деталь обрабатывается по 14 квалитету, за исключением отверстий диаметром ХХ – они изготавливаются по 9 квалитету. Общая шероховатость на чертеже Ra 3.2, радиусные переходы выполняются с шероховатостью Ra 1.6 и т.д.

Деталь является телом вращения.

Габаритные размеры детали Ø 660x63

## **Практическая работа №2**

**Тема:** Расчет технологичности детали

**Цель работы:** выполнить качественную и количественную оценку конструкции детали на технологичность, внести рекомендации по повышению технологичности детали.

### **Основные понятия:**

**Технологичность** – это одна из комплексных характеристик технического устройства, которая выражает удобство его производства, ремонтопригодность и эксплуатационные качества.

**Технологичность конструкции** – это совокупность свойств конструкции детали (изделия), определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. [ГОСТ 14.205-83]

Оценка технологичности конструкции осуществляется на уровне изделий, сборочных единиц и деталей. Цель обеспечения технологичности конструкции детали – повышение производительности труда и качества изделий при максимальном снижении затрат времени и средств на разработку, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию и ремонт.

Чтобы избежать незамеченных недостатков в конструкции, качественный анализ технологичности целесообразно проводить в определенной последовательности:

1. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки.
2. Определить целесообразность назначения протяженности и размеров обрабатываемых поверхностей, труднодоступные для обработки места.
3. Определить технологическую увязку размеров, оговоренных допусками, шероховатость поверхностей, необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.
4. Определить возможность обработки детали в имеющихся производственных условиях.
5. Определить поверхности, которые могут быть использованы при базировании.
6. Проанализировать возможность выбора рационального метода получения заготовки.

С целью упрощения анализа технологичности возможны рекомендации для типовых классификационных групп деталей.

Для корпусных деталей следует определить:

1. Допускает ли конструкция обработку плоскостей на проход и что мешает данному виду обработки?
2. Возможно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между центрами отверстий.
3. Позволяет ли форма отверстий растачивать их на проход с одной стороны или с двух сторон?
4. Имеется ли возможность свободного доступа инструмента к обрабатываемым поверхностям?
5. Имеются ли глухие отверстия?
6. Имеются ли наклонные обрабатываемые поверхности?
7. Для всех ли отверстий плоскость входа и выхода перпендикулярна оси отверстия?
8. Имеются ли в конструкции детали достаточные по размерам базовые поверхности?

Для валов следует определить:

1. Возможно ли обрабатывать поверхности проходными резцами?
2. Имеются ли буртики большого диаметра (по сравнению с остальными диаметрами)? Как это повлияет на коэффициент использования материала?
3. Имеются ли закрытые шпоночные пазы?
4. Каково соотношение длин ступеней вала, эффективна ли их многорезцовая параллельная обработка?
5. Допускает ли жесткость вала получение высокой точности (жесткость вала недостаточна, если для получения 8-9 квалитета точности соотношение его длины к диаметру  $l:d > 10-12$ ; при более низкой точности, это соотношение может быть равно 15; при многорезцовой обработке это соотношение = 10)?

Для зубчатых колес следует определить:

1. Возможность высокопроизводительного формообразования зубчатого венца с применением пластического деформирования в горячем и холодном состоянии.
2. Простоту формы центрального отверстия.
3. Простоту конфигурации наружного контура зубчатого венца (более технологичны плоские, без ступицы).
4. Одно или двухстороннее расположение ступицы (это определяет возможность нарезания зубьев одновременно у нескольких деталей).
5. Симметричность расположения перемычки между ступицей и венцом (нарушение этого требования вызывает значительные односторонние искажения при термической обработке).
6. Правильность форм и размеров канавок для выхода инструментов.
7. Возможность многорезцовой обработки в зависимости от соотношения диаметров венцов и расстояний между ними.

Технологичность конструкций изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает в себя:

1. Базовые (исходные) значения показателей технологичности, являющиеся предельными нормативами технологичности, обязательными для выполнения при разработке изделия;
2. Значения показателей технологичности, достигнутые при разработке изделия;
3. Показатели уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия.

Для количественной оценки технологичности конструкции проводится расчет коэффициентов технологичности: Кт.о., Кш., Ку.э., Ки.м., которые сравниваются со средними нормативными значениями этих коэффициентов. В результате такого сравнения определяется, что в конструкции детали существенно будет влиять на трудоемкость изготовления (высокие требования по точности); потребует использования стандартного или специального инструмента?

Анализ технологичности производства по коэффициентам.

1. Коэффициент точности  $K_{t.o.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}$   
 $A_{cp}$  - средний квалитет точности.

$$A_{cp} = \frac{\sum An_i}{\sum n_i} = \frac{5 * n_5 + 6 * n_6 + 7 * n_7 + ..... + 15 * n_{15} + 16 * n_{16} + 17 * n_{17}}{n_5 + n_6 + n_7 + ..... + n_{15} + n_{16} + n_{17}}$$

Где  $n_i$  – число размеров чертежа соответствующих квалитетов точности.

Если коэффициент точности больше чем 0.5, то деталь считается технологичной.

$$A_{cp} = \frac{\sum An_i}{\sum n_i} = \frac{9*2+14*22}{2+22} = \frac{18+308}{24} = \frac{326}{24} = 13.6$$

$$K_{t.o.} = 1 - \frac{1}{13.6} = 0.92 > 0.5 \Rightarrow \text{технологична.}$$

2. Коэффициент шероховатости  $K_{ш.} = \frac{1}{B_{cp}}$   
 $B_{cp}$  - средний класс шероховатости.

$$B_{cp} = \frac{\sum Bni}{\sum ni} = \frac{6*26+5*45}{26+45} = \frac{156+225}{71} = \frac{381}{71} = 5.36$$

$ni$  – число поверхностей соответствующих классов шероховатости.

Если коэффициент шероховатости больше чем 0.16, то деталь считается технологичной.

$$K_{ш.} = \frac{1}{5.36} = 0.18 > 0.16 \Rightarrow \text{технологична}$$

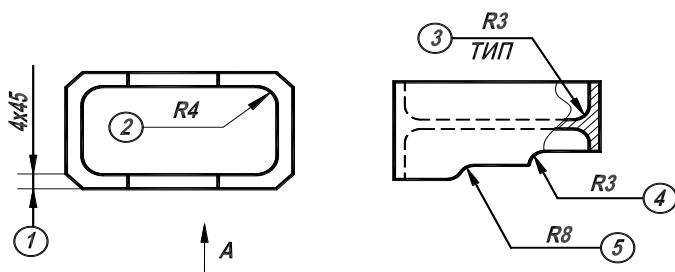
$$3. \text{ Коэффициент унификации } K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_3}$$

Где  $Q_{у.э.}$  – число унифицированных конструктивных элементов (резьба, фаски, отверстия, радиусы и т.д.)

$Q_3$ - общее число конструктивных элементов.

Если коэффициент унификации больше чем 0.6, то деталь считается технологичной.

Пример: *Определения К<sub>у.э.</sub>*.



1. **четыре** фаски  $4^*45$  град. – все фаски унифицированы;
2. R4 – радиуса сопряжения в карманах (горизонтальная плоскость) – **восемь** размеров (2 кармана по четыре радиуса) - все унифицированы;
3. элементы 3, 4 и 5 – R3 и R8 радиуса сопряжения в карманах и рёбрах (вертикальная плоскость) – **десять** размеров R3 ( восемь в карманах и два на рёбрах) и **два** размера R8 – считаются унифицированными 10 размеров (R3).

Итого 14 конструктивных элементов на чертеже детали, R8-не унифицирован (для унификации его необходимо изменить R3)

$$K_{у.э.} = \frac{4+8+10}{4+8+12} = \frac{22}{24} = 0.917$$

$0.917 > 0.6 \Rightarrow \text{технологична}$

#### 4. Коэффициент использования материала

$$K_{и.м.} = \frac{M_d}{M_3} = \frac{0.72}{1.01} = 0.712$$

$M_d$  – масса детали.

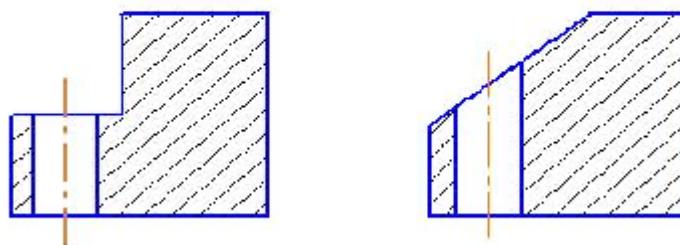
$M_3$  – масса заготовки.

Если коэффициент использования материала больше 0.7, то деталь считается технологичной.

$0.712 > 0.7 \Rightarrow$  технологична

Кроме коэффициентов при анализе детали на технологичность рассматривают и другие технологические требования:

1. Деталь должна быть жесткой и прочной, стенки и перегородки должны быть достаточных размеров, чтобы при закреплении заготовки и в процессе обработки не возникали деформации а следовательно и погрешность обработки.
2. Базовые поверхности детали должны иметь достаточную протяженность позволяющую осуществить полную механическую обработку от одной неизменной базы.
3. Обрабатываемые поверхности должны быть открыты и доступны для подхода режущего инструмента при врезании и отхода при выходе.
4. Внешняя форма детали должна давать возможность одновременно обрабатывать несколько наружных поверхностей путем многоинструментальной обработки.
5. Отверстия корпусных деталей по возможности должны иметь простую геометрическую форму без кольцевых канавок и фасок.
6. Возможность сквозной обработки при помощи расточных инструментов.
7. Отверстия, оси которых расположены под углом относительно стенки обрабатываемой детали, нежелательны. При сверлении подобных отверстий создаются неудобства резания, так как режущие кромки начинают резать не одновременно.



Технологично

Не технологично

8. В стенах и перегородках не желательны различные окна, прерывающие отверстия и т.д.

9. Крепежные отверстия деталей должны быть стандартными.

Вывод: В ходе выполнения работы я научился рассчитывать коэффициенты технологичности изделия (детали).

### **Исходные данные (задание):**

1. Чертеж детали на бумажном (электронном) носителе
2. Выполнить качественную и количественную оценку на технологичность конструкции детали, изображенной на чертеже.
3. Сформулировать и записать рекомендации по повышению технологичности детали.

### **Порядок выполнения:**

1. Выполнить чертеж детали.
2. Рассчитать коэффициенты: точности, шероховатости, унификации и Ким.
3. Дать качественную оценку технологичности конструкции детали.
4. Сделать общий вывод о конструкции детали.
5. Выработать рекомендации по повышению технологичности детали.

### **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска, ПК студенческие. Комплект наглядных пособий: комплект чертежей деталей в бумажном и электронном виде.

### **Вопросы для повторения:**

1. Технологичность – определение.
2. Нормативные значения коэффициентов технологичности.

### **Литература:**

1. Данилевский В.В. Технология машиностроения. - М.: Высшая школа, 1984 г.
2. Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». – М.: Машиностроение, 1985 г.
3. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Учебник: Технология машиностроения. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М., 2004г.
4. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах. – М.: Высшая школа, 1986 г.

5. Справочник технолога-машиностроителя./Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. Т.1,2.– М.: Машиностроение, 1986 г.

## Практическая работа №3

**Тема:** Конструирование заготовки детали

**Цель работы:** Практическое ознакомление с приёмами проектирования и оформления чертежей заготовок.

### **Основные понятия:**

**Заготовка** – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости и свойств материала изготавливают деталь.

По размерам она больше детали на величину припуска.

Любое производство начинается с производства заготовок. Изготовление заготовок связано с расходом материала, качеством изделия, трудоемкостью изготовления, себестоимостью изделия. Средняя трудоемкость заготовительных работ примерно 40 – 45 % от общей трудоемкости производства машин.

### **Виды заготовок:**

- заготовки из проката
- кованная или штампованная поковка
- отливка
- сварные заготовки
- прессованные заготовки
- заготовки из порошковых материалов
- заготовки из неметаллических материалов

Наиболее распространенными являются прокат, отливки, поковки.

**Прокат** получают в результате обжатия слитка металла в горячем или холодном состоянии между вращающимися валками прокатного стана. Между валками расстояние меньше толщины обрабатываемого слитка, поэтому его размеры в сечении уменьшаются. Для получения требуемой формы сечения делают прокатку в несколько ходов, применяя валики соответствующей формы.

Таким образом обрабатывают сталь, цветные металлы и их сплавы.

Различают следующие профили **сортового проката**: *простые* (круг, квадрат, шестиугольник, полоса, лист); *фасонные* (рельс, балка, швеллер, тавр и др.); *специальные* (колеса, арматурная сталь и др.).

Чаще всего сортовой прокат используется в качестве заготовок для различных деталей. Например, из шестигранного прутка делают болты, гайки. Из круглого проката вытачивают цилиндрические детали на токарных станках.

Углковый прокат применяется в производстве рам, каркасов, стеллажей и т. д.

Прокаткой можно придать заготовке форму готовой детали, тем самым избежать дополнительной обработки и, следовательно, уменьшить отходы металла, сэкономить время.

### **Кованые заготовки**

В современных отраслях производства практически повсеместно используются поковки – черновые детали, по своим размерам и форме очень близкие к требуемому изделию. Они делаются для минимизации издержек процесса

обработки, поскольку их производство позволяет уменьшить стружечные отходы и количество операций и времени на отделочные операции. Чем точнее поковка соответствует будущей детали, тем больше получается экономия средств при её дальнейшей обработке.

**Ковка** – обработка давлением с помощью универсального подкладочного инструмента или бойков. При изготовлении поковок основным орудием становятся различные прессы, усилием в несколько тонн, а также молот или кувалда. Благодаря такому воздействию, полученный металл отличается повышенной пластичностью и прочностью, однако соблюдение размеров и форм будущей готовой продукции здесь менее точное, чем при штамповке.

Заготовку перед ковкой нагревают в зависимости от марки стали до температуры 1100 – 1200 °C. Заканчивают ковку при температуре не ниже 800 – 900 °C. Нагрев придаёт металлу эластичность и пластичность, что позволяет придать материалу нужную форму без особых усилий.

#### **Достоинства:**

- возможность изготовления крупногабаритных деталей,
- универсальность оборудования и инструмента,
- высокое качество металла

#### **Недостатки:**

- низкая производительность
- большие припуски на механическую обработку.

крупных, (например весом 200т). Штамповкой же получают поковки весом до 1-2т, однако основную массу составляют штампованные поковки весом примерно до 100кг; свободной ковкой можно получить детали лишь простой конфигурации или с напусками, упрощающими конфигурацию и снимающими механической обработкой. Штамповкой получают детали и сложной конфигурации. Качество и точность поверхности при ковке получают низкими, при штамповке высокими. Припуск на обработку при ковке остается большие, чем при штамповке. Производительность свободной ковки в несколько раз меньше, чем производительность штамповки.

## Технология ковки и штамповки

Волокнистая микроструктура кованной (прокатной) стали является вполне стойким образованием. Она не может быть уничтожена ни термической обработкой, ни последующей обработкой давлением, при которой прямолинейное направление волокна может лишь перейти в криволинейное.

На предел прочности, предел текучести и предел пропорциональности горячая обработка ковкой практически остаточного влияния не оказывает. На ударную вязкость, поперечное сужение, удлинение и предел выносивости ковка (литого слитка) оказывает заметное остаточное влияние.

Горячая ковка конструкционной стали, проведенная при правильном термическом режиме, остаточного влияния на микроструктуру не оказывает.

Необходимо стремиться к получению мелкозернистой структуры. Мелкозернистая структура поковок в сыром их виде обеспечивается:

- соблюдением правильного температурного интервала ковки;

- осуществление на отдельных переходах степеней деформации, не являющихся критическими для данной  $t$ .;
- недопущением повторных нагревов откованных участков поковки;
  - применением промежуточных отжигов крупных поковок, требующих в процессе ковки нескольких повторных нагревов;
  - соблюдением оптимального режима охлаждения, соответствующего марке стали и размерам поковки;

Следующие условия обеспечивают наилучшие механические качества поковок:

- необходимая для данной детали степень уковки;
- совпадение направления волокон с направлением наибольших нормальных напряжений, возникающих при эксплуатации детали;
- направление волокон в соответствии с контуром детали: волокна не должны перерезываться;
- отсутствие смещения осевой зоны слитка на поверхность поковки;
- соблюдение правильного термомеханического режима ковки.

## Свободная ковка

Свободной ковкой можно получить поковки любого веса, от самых мелких до самых крупных, (например весом 200т). Штамповкой же получают поковки весом до 1-2т, однако основную массу составляют штампованные поковки весом примерно до 100кг; свободной ковкой можно получить детали лишь простой конфигурации или с напусками, упрощающими конфигурацию и снимаемыми механической обработкой. Штамповкой получают детали и сложной конфигурации. Качество и точность поверхности при ковке получают низкими, при штамповке высокими. Припуск на обработку при ковке остается большие, чем при штамповке. Производительность свободной ковки в несколько раз меньше, чем производительность штамповки.

Чем сложнее конфигурация кованой детали, тем дороже ее изготовление. Некоторые участки могут оказаться вообще невыполнеными свободной ковкой, в связи с чем ковку производят с напусками для упрощения конфигурации; напуски подлежат удалению механической обработкой.

Например, поковка, показанная на рис.1(а) не выполнима свободной ковкой

без напусков, и за основу принимается конфигурация, представленная на рис.1(б).

Следует избегать конических и клиновых (рис.2) форм, особенно с малыми наклонами. Необходимо учитывать трудность выполнения свободной ковкой участки пересечений цилиндрических поверхностей между собой, а также пересечений цилиндрических поверхностей с призматическими.

Следует избегать ребристых сечений, т.к. ребра в большинстве случаев свободной ковкой изготовить не возможно и поковку приходится делать с напусками. Так называемые ребра жесткости в поковках недопустимы (рис.2).

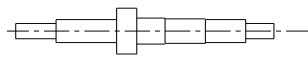


Рис. 1а

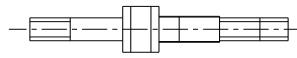
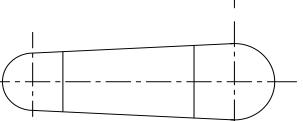
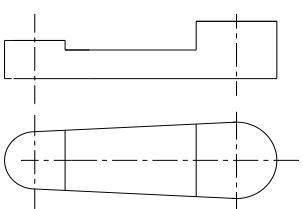
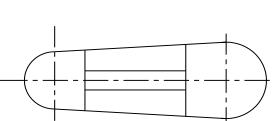
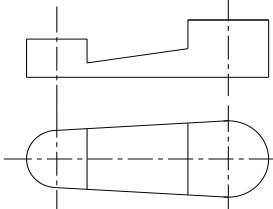
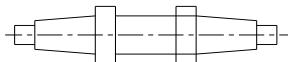


Рис. 1б



Желательно



Нежелательно

Рис. 2

Не следует допускать бобышек, выступов и т.п. на основном теле поковки, а так же выступов внутри развалин вильчатых деталей.

Детали с резкой разницей в размерах поперечных сечений или с неизбежно

сложной конфигурацией надо стремиться заменить сочетанием нескольких более простых деталей или выполнять их сварными из нескольких частей.

Штампы молотов (молотовые штампы) состоят из двух частей - верхней и нижней половинок (верхнего штампа и нижнего штампа). Молотовые штампы являются открытыми, в них по линии разъема образуется кольцевой заусенец (облой) в результате истечения металла в стороны, за пределы фигуры полости штампа, начинающегося ранее соприкосновение верхнего и нижнего штампов опорными поверхностями (рис.3)

Штампы прессов (кривошипных горячештамповых, винтовых фрикционных, гидравлических) состоят обычно из двух частей. При этом они могут быть открытыми, как молотовые, и закрытыми, в которых незначительный заусенец может образоваться лишь в конечный момент штамповки за счет зазора между стенками нижнего штампа и входящего в него верхнего штампа; нижний штамп в этом случае носит название МАТРИЦЫ, верхний - ПУАНСОН.

Для деталей более сложной конфигурации матрицы закрытых штампов делаются составными из двух и более частей. Штампы горизонтально-ковочных машин состоят из трех элементов: неподвижной матрицы, подвижной матрицы и пуансона, размыкающихся в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

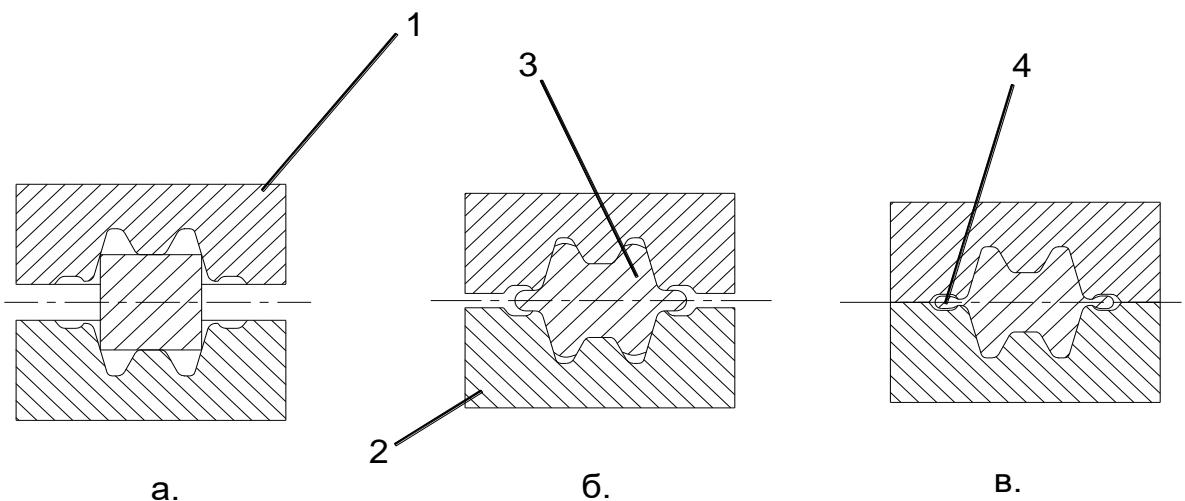


Рис.3

*На рис.3 образование заусенца:*

*а - начальный момент штамповки*

*б - промежуточная фаза-начало образования заусенца*

*в - конечный момент штамповки*

*где:*

*1-верхний штамп; 2- нижний штамп; 3-штампаемая заготовка; 4-заусенец.*

## **УКАЗАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ПОКОВОК, ШТАМПУЕМЫХ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ (с кольцевым заусенцем) НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ.**

### **ВЫБОР ПОВЕРХНОСТИ РАЗЬЕМА ШТАМПОВ.**

1. Обеспечить возможность выема поковки из штампа (углубления в теле детали, возможно получить штамповкой только в направлении удара, все горизонтальные размеры сечений поковки выше и ниже разъема должны быть меньше, чем на линии разъема). См. рис.4.

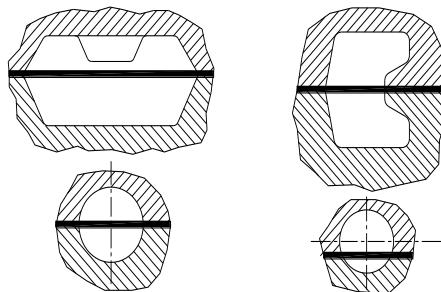
2. Осуществить разъем в плоскости двух наибольших габаритных размеров детали, т.е. чтобы полости штампа имели наименьшую глубину и наибольшую ширину. См. рис.5.

3. Разъем делать так, чтобы контур полости по поверхности разъема в верхнем и нижнем штампах был одинаковым (облегчается обнаружение сдвига штампов) См. рис.6.

4. Разъем по возможности делать по плоскости, а не по сложной поверхности (облегчается изготовление штампов) См. рис.7.

5. Боковые поверхности детали должны иметь уклон (штамповочный

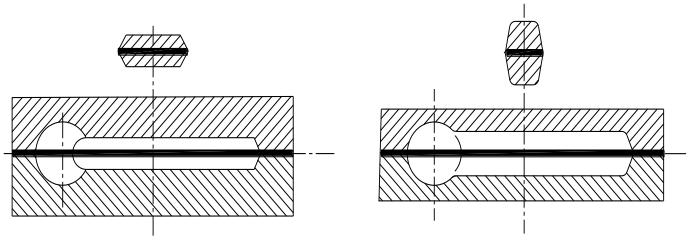
уклон) по отношению к вертикальному направлению удара. Этим обеспечивается возможность выемки поковки из штампа. Вертикальные стенки могут быть получены только последующей механической обработкой.



Правильно

Неправильно

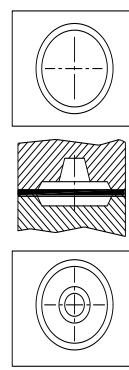
Рис. 4



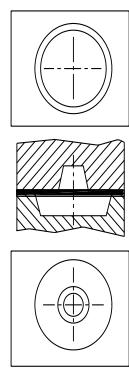
Желательно

Нежелательно

Рис. 5



Правильно



Неправильно

Рис. 6



Желательно

Нежелательно

Рис. 7

Нормальные значения уклонов для стенок поковки наружных (т.е. при остыании поковки отходящих от стенки штампа) и внутренних (т.е. при остыании поковки охватывающих выступы в полости штампа) даны в табл.1. Уклоны внутренних стенок должны быть больше наружных.

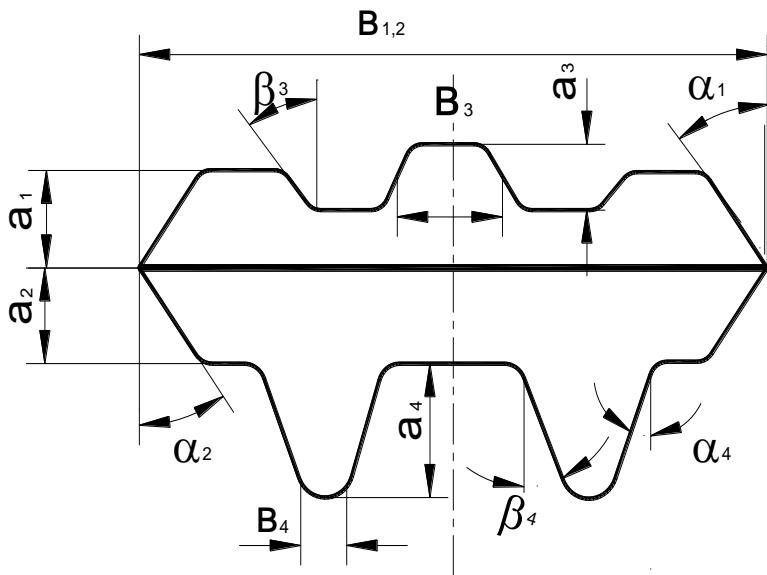


Рис.8

Таблица 1. (смотри рис.8)

h/B	Штамповка на молотах и мех. прессах без выталкивателя		Штамповка на мех. прессах с выталкивателем	
	α	β	α	β
До 1	5	7	2	3
1-3	7	10	3	5
3-4.5	10	12	5	7
4.5-6.5	12	15	7	10
Свыше 6.5	15	15	10	12

У некоторых деталей с изогнутой осью полезно допускать увеличенные уклоны, что позволяет расположить полость штампа так, чтобы уравновешивались возникающие при штамповке сдвигающие усилия.

Все переходы от одной поверхности к другой должны осуществляться с закруглениями. Острые углы недопустимы. Значения углов приведены в таблице 2.

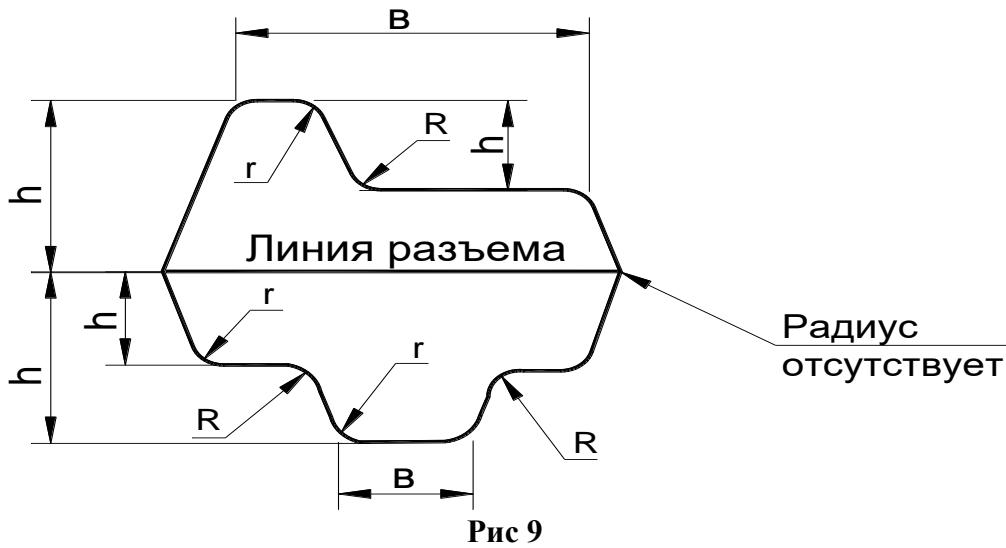


Рис 9

Таблица 2. (смотри рис.9)

H в мм	r в мм при h/b			R в мм при h/b		
	< 2	2-4	>4	<2	2-4	>4
До 15	1.5	1.5	2	4	5	8
15-25	1.5	2	2.5	4	6	8
25-35	2	2.5	3	5	8	10
35-45	2.5	3	4	6	10	15
45-60	3	4	5	8	12.5	20
60-80	4	5	6	10	15	25
80-100	5	6	8	12.5	20	35
100-130	6	8	10	15	25	40
130-170	8	10	12.5	20	30	45

#### Исходные данные (задание):

1. Чертеж детали.
2. Марка материала.
3. Твердость заготовки.
4. Тип производства.

#### Порядок выполнения:

1. Написать цель и тему работы
2. Внимательно изучить теоретический материал
3. Изучить исходные данные: чертеж детали; марка материала, твердость заготовки, тип производства.
4. Первоначально вычерчиваются контуры детали, видимые и невидимые, тонкими линиями (сочетание длинного отрезка с двумя короткими : “— — —” в системе «AutoCAD» применять линию Phantom2). Детали придают положение, принимаемое ею при штамповке.
5. Выбирается положение поверхности (или плоскости ) разъёма;
6. Назначаются припуски на обрабатываемые элементы детали;

7. Устанавливаются напуски, штамповочные уклоны, радиусы закруглений;
8. При вычерчивании заготовки-штамповки учитывают следующие условия:
  - на все поверхности детали, которые перпендикулярны (или близки к этому) плоскости разъёма, назначаются штамповочные уклоны, т. е. в чертеже штамповки не должно быть линий перпендикулярных плоскости разъёмов штампов (смотри рисунки 8 и 9).
  - все поверхности обязательно сопрягаются радиусом. Внутренние радиусы больше наружных в 1.5-5 раза (смотри таблицу 2).
  - строятся линии контура заготовки, на расстоянии равном величине общего припуска, от контура детали.
  - при вычерчивании заготовки, на виде в плане (перпендикулярно плоскости разъёма), строятся линии, показывающие штамповочный уклон (параллельная линия к контуру заготовки). Величина отступа от контура заготовки зависит от высоты борта и определяется по формуле:

$$S = \operatorname{tg} \alpha * h$$

где:       $\alpha$ -угол штамповочного уклона;  
                $h$ -высота борта детали;

Для невысоких бортов рекомендуется рисовать отступ не менее 0.7 мм; в случае, когда фактическая величина отступов, при переходе от одной поверхности к другой, отличается не значительно, следует, для наглядности, вычерчивать отступы визуально разными (смотри эскизы в приложении). Для наклонных ребер линия строится с постепенным переходом с одной величины отступа на другой.

- проставляются все размеры, необходимые для однозначного понимания чертежа заготовки. В скобках проставляются размеры детали.
- чертеж дополняется техническими условиями, в которых указываются: вид термообработки и твердость; допускаемая величина остаточного заусенца после обрезки облоя; метод очистки поверхностей от окалины; глубина допускаемых внешних дефектов; допускаемые величины биений, перекосов, кривизны, смещений; особые требования к базовым поверхностям и другое.

### **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска, ПК студенческие.  
 Комплект наглядных пособий: комплект чертежей деталей в бумажном и электронном виде.

### **Вопросы для повторения:**

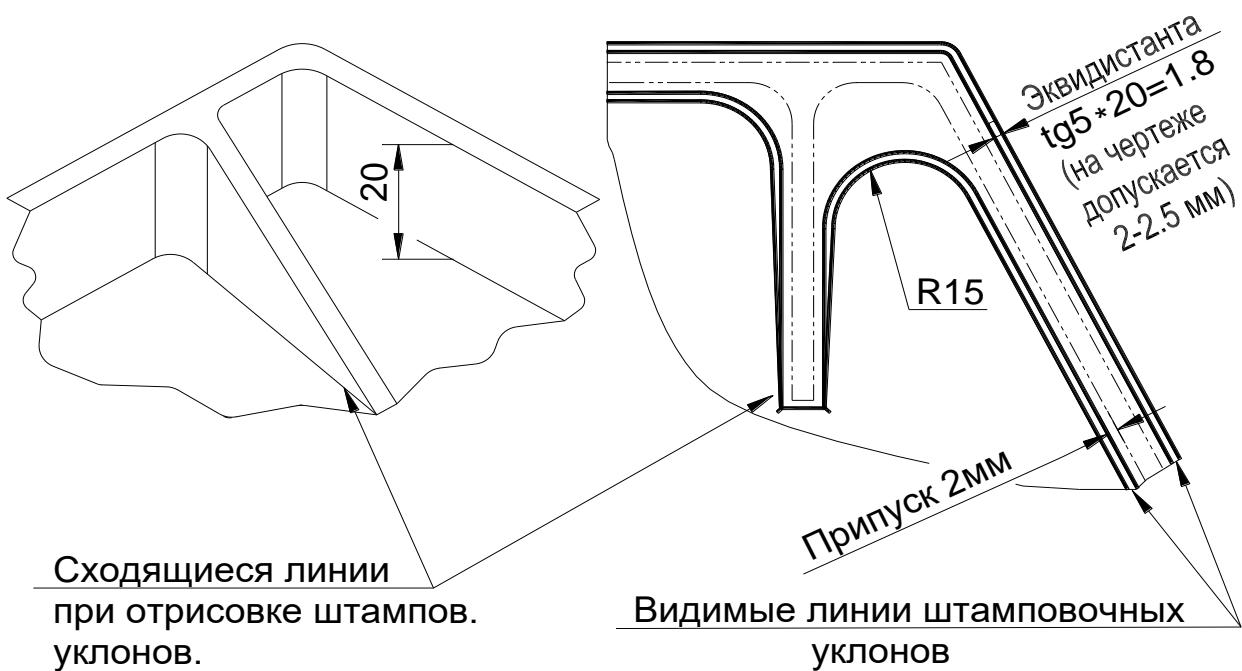
1. Напуск – определение
2. Принципы выбора заготовок
3. Факторы, влияющие на выбор заготовки
4. Виды заготовок

### **Литература:**

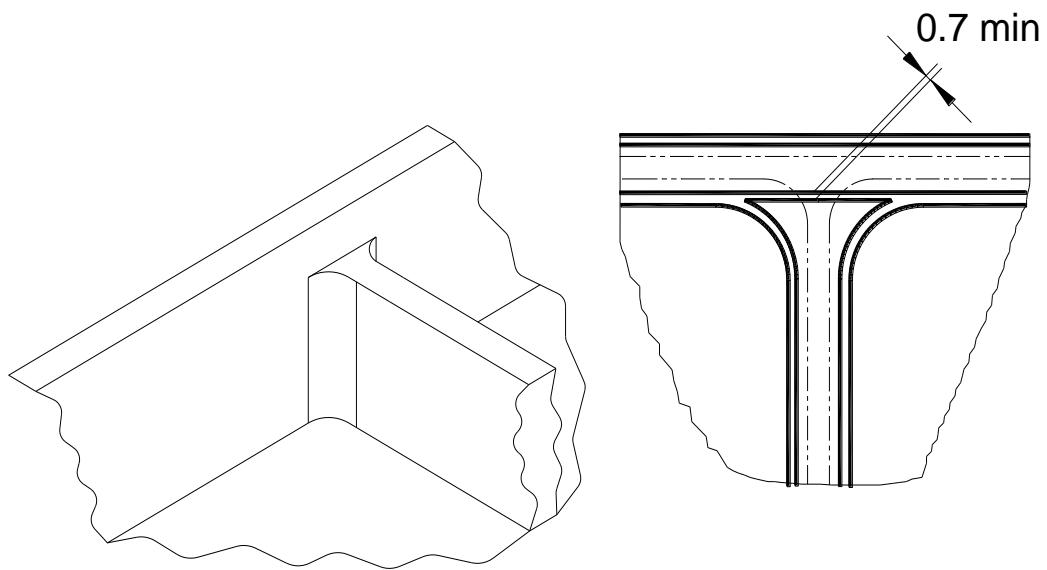
- Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
- Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД) : учебник для НПО / А.П. Ганенко, Лапсарь М.И.. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2008. - 352 с.
- Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
- Куликов В.П. Стандарты инженерной графики : учебное пособие / В.П. Куликов. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2007. - 240 с.
- Куликов В.П. Инженерная графика : учебник для ссузов / В.П. Куликов, А.В. Кузин. - 3-е изд., испр. - М. : ФОРУМ, 2009. - 366 с.
- Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 656 с.
- Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 496 с.

### Пример выполнения работы:

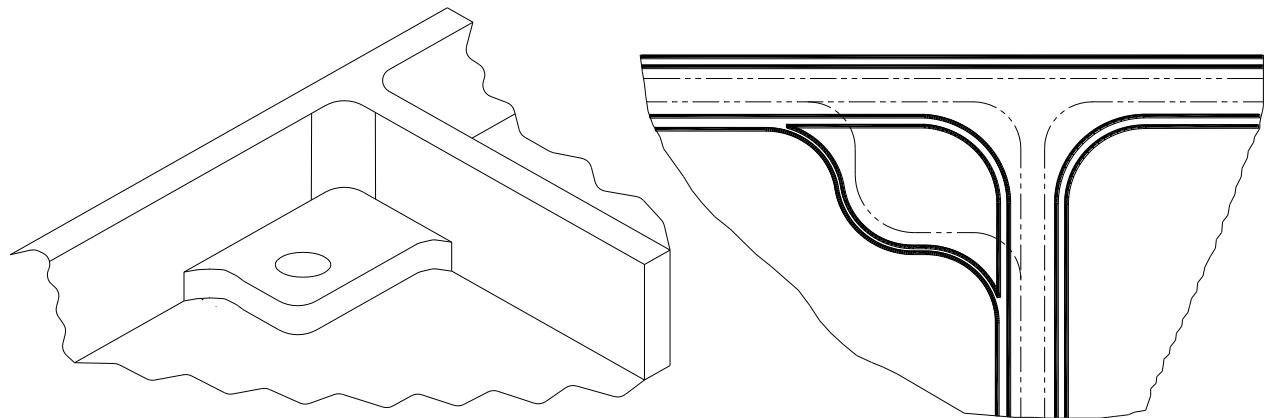
Вычерчивание отдельных сочетаний конструктивных элементов.



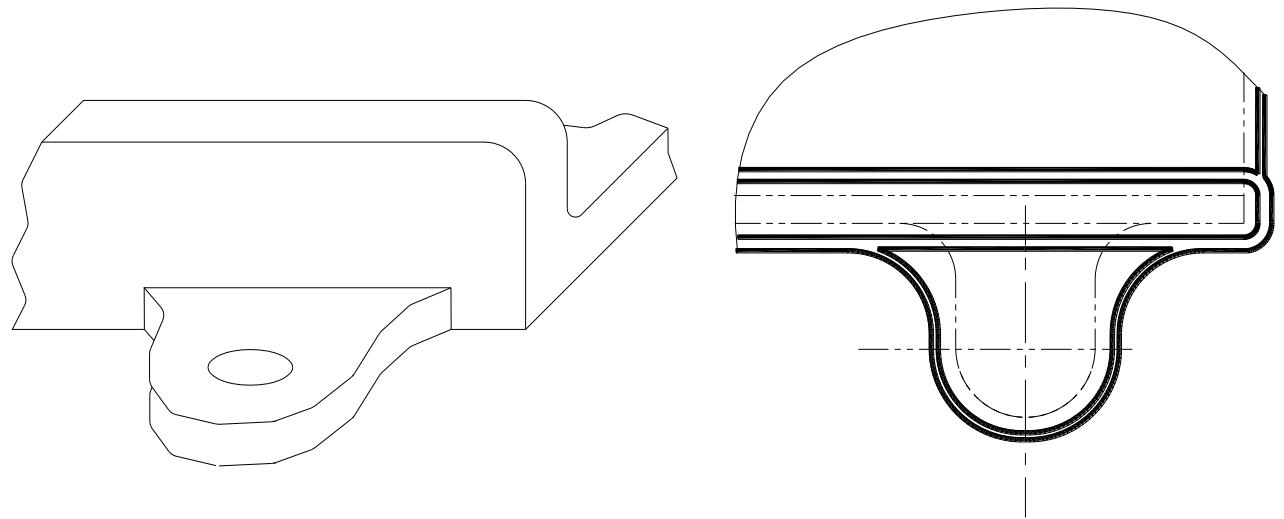
Установка напуска в остром угле (R15).



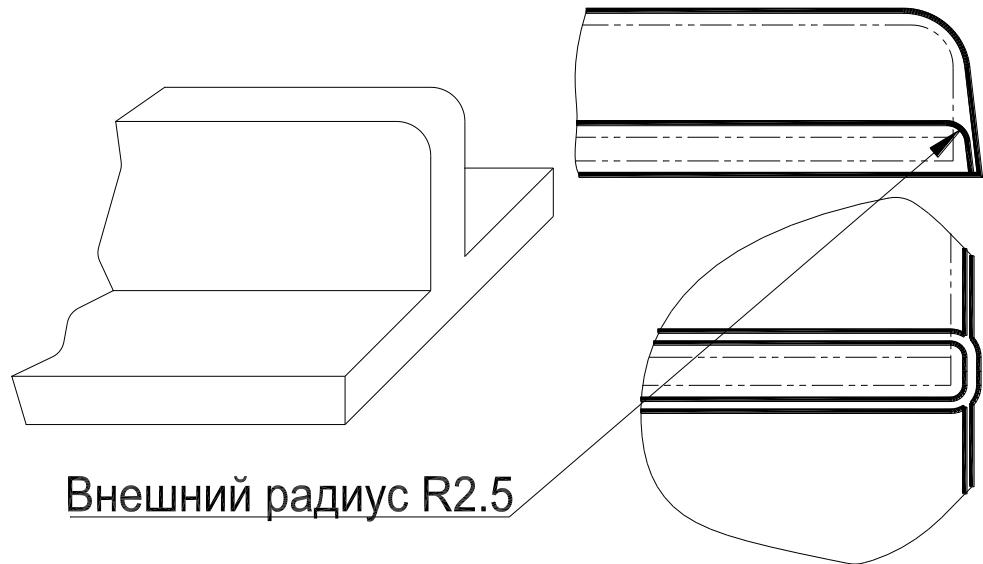
Подход ребра к более высокому борту.



Бобышка у стыка двух ребер (применяется в случае большой высоты бобышки).



Прилив у ребра.



Внешний радиус R2.5

Вертикальное ребро на плоскости.

#### Практическая работа №4

**Тема:** Определение припусков аналитическим и статическим методами

## **Цель работы:**

Практическое ознакомление с методикой определения:

- величин общих и промежуточных припусков табличным (статистическим) и аналитическим методами;
- межоперационных размеров с допусками и параметрами шероховатости при обработке заданной поверхности.

## **Основные понятия:**

Припуском на обработку называют слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Припуски подразделяются на общие, т.е. удаляемые в процессе всей обработки, и межоперационные, удаляемые при выполнении отдельных операций (проходов). В машиностроении широко применяют 2 метода определения припусков – опытно-статистический и расчетно-аналитический.

При определении величины припусков по опытно-статистическому методу общие и промежуточные величины берутся по таблицам справочников, составленных на основании обобщения и систематизации производственных наблюдений ряда передовых заводов. Преимуществом этого метода является экономия времени, а недостатком, как правило, завышение припуска, который назначается без учета конкретных условий. Расчетно-аналитический метод учитывает конкретные условия выполнения технологического процесса и позволяет получить более точные значения припусков.

## **Методические указания.**

### **Расчетно-аналитический метод.**

Минимальные и номинальные значения припусков рассчитываются по формулам:

-для тел вращения (двусторонний припуск)

Минимальные припуски:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Номинальный припуск для первого перехода:

$$2Z_{nom} = 2Z_{\min} + Td_{i-1}^-$$

Номинальный припуск для последнего перехода:

$$2Z_{nom} = 2Z_{\min} + Td_{i-1}^- + Td_i^+$$

Для остальных переходов номинальные припуски:

$$2Z_{ном} = 2Z \min_i + Td_{i-1}$$

где: **R<sub>z,i-1</sub>** - шероховатость поверхности после предшествующего перехода;

**h<sub>i-1</sub>** - глубина дефектного слоя после предшествующего перехода

(не учитывается после термообработки и после 1<sup>го</sup> перехода для чугуна и цветных металлов)

**ρ<sub>i-1</sub>** - пространственные отклонения, оставшиеся после предшествующего перехода;

**ε<sub>i-1</sub>** - погрешность базирования на данном переходе;

**Td** - допуск на размер (+ - положительная часть допуска, - отрицательная часть).

Пространственные отклонения для заготовки определяются по формуле:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_u^2 + \rho_{иск}^2}$$

где: **ρ<sub>u</sub>** - отклонение при зацентровке вала;

$$\rho_u = 0,25 \cdot \sqrt{Td^2 + 1} \quad \text{d-задается в мм)}$$

**ρ<sub>иск</sub>** - искривление оси заготовки;

$$\rho_{иск} = \Delta K_p * l_{мкм}$$

где: **ΔK<sub>p</sub>** - кривизна профиля (для проката табл. 4, стр. 180, 5);

**l** - длина заготовки.

Пространственные отклонения после механической обработки (для каждого перехода) определяем по формуле:

$$\rho_i = K_y * \rho_{i-1}$$

где: **K<sub>y</sub>** - коэффициент уточнения (табл. 29, стр. 190, 5);

Погрешность установки заготовки на выполняемом переходе определяется по формуле:

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2}$$

где: **ε<sub>6</sub>** - погрешность базирования (табл. 18, стр. 45, 5);

**ε<sub>3</sub>** - погрешность закрепления (табл. 12-17, стр. 41, 5);

-для плоской поверхности (в случае одностороннего припуска)  
минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$Z \min_i = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_i$$

Пространственные отклонения для поковок при базировании заготовки по плоскости, противоположной обрабатываемой определяются по формуле:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{смеш}^2}$$

где:  $\rho_{кор}$  – коробление заготовки.

$$\rho_{кор} = \Delta_x$$

где:  $\Delta_x$  – удельная кривизна (для штамповок табл. 17, стр. 186, 5);.

где:  $\rho_{смеш}$  – различные смещения при производстве заготовок (смещение штампов табл. 23, стр. 146, 5; смещение стержней для отливок стр 182-186, 5).

Другие необходимые значения определяются также как для тел вращения.

### Исходные данные (задание):

1. Определить величину общего и межоперационных припусков расчетно-аналитическим методом
2. Определить величину общего и межоперационных припусков опытно-статистическим методом
3. Определить размер вала под последующее нарезание резьбы
4. Определить диаметр отверстия под последующее нарезание резьбы метчиком
5. Определить технологический маршрут обработки отверстия в сплошном материале

Исходные данные:

- Чертеж детали.
- Марка материала.
- Твердость заготовки.
- Тип производства.

Варианты заданий для выполнения практической работы №4 (задания 1 и 2)

№ вар.			№ вар.	
1	$\varnothing 30h7$ ; L=300		16	$\varnothing 85h7$ ; L=500
2	$\varnothing 40h7$ ; L=350		17	$\varnothing 88h7$ ; L=500
3	$\varnothing 60h7$ ; L=400		18	$\varnothing 95h7$ ; L=550
4	$\varnothing 70h7$ ; L=450		19	$\varnothing 98h7$ ; L=550
5	$\varnothing 80h7$ ; L=500		20	$\varnothing 54h7$ ; L=300
6	$\varnothing 90h7$ ; L=550		21	$\varnothing 58h7$ ; L=300
7	$\varnothing 100h7$ ; L=600		22	$\varnothing 32h7$ ; L=300
8	$\varnothing 34h7$ ; L=300		23	$\varnothing 42h7$ ; L=350
9	$\varnothing 38h7$ ; L=300		24	$\varnothing 52h7$ ; L=300
10	$\varnothing 44h7$ ; L=350		25	$\varnothing 62h7$ ; L=400
11	$\varnothing 48h7$ ; L=350		26	$\varnothing 72h7$ ; L=450

12	$\varnothing 65h7$ ; L=400		27	$\varnothing 82h7$ ; L=500
13	$\varnothing 68h7$ ; L=400		28	$\varnothing 92h7$ ; L=550
14	$\varnothing 75h7$ ; L=450		29	$\varnothing 105h7$ ; L=600
15	$\varnothing 78h7$ ; L=450		30	$\varnothing 110h7$ ; L=600

Варианты заданий для выполнения практической работы №4 (задания 3–5)

№ вар.		№ вар.	
1	$\varnothing 50H7$ ; M5-6G; P = 0.8; M5-6g; P = 0.8	16	$\varnothing 25H7$ ; M39-6G; P = 4; M39-6g; P = 4
2	$\varnothing 48H7$ ; M6-6G; P = 1; M6-6g; P = 1	17	$\varnothing 24H7$ ; M42-6G; P = 4.5; M42-6g; P = 4.5
3	$\varnothing 47H7$ ; M8-6G; P = 1.25; M8-6g; P = 1.25	18	$\varnothing 22H7$ ; M45-6G; P = 4.5; M45-6g; P = 4.5
4	$\varnothing 45H7$ ; M10-6G; P = 1.5; M10-6g; P = 1.5	19	$\varnothing 20H7$ ; M48-6G; P = 5; M48-6g; P = 5
5	$\varnothing 42H7$ ; M12-6G; P = 1.75; M12-6g; P = 1.75	20	$\varnothing 18H7$ ; M52-6G; P = 5; M52-6g; P = 5
6	$\varnothing 40H7$ ; M14-6G; P = 2; M14-6g; P = 2	21	$\varnothing 16H7$ ; M5-6G; P = 0,8; M5-6g; P = 0,8
7	$\varnothing 38H7$ ; M16-6G; P = 2; M16-6g; P = 2	22	$\varnothing 15H7$ ; M6-6G; P = 1; M6-6g; P = 1
8	$\varnothing 37H7$ ; M18-6G; P = 2.5; M18-6g; P = 2.5	23	$\varnothing 14H7$ ; M8-6G; P = 1.25; M8-6g; P = 1.25
9	$\varnothing 36H7$ ; M20-6G; P = 2.5; M20-6g; P = 2.5	24	$\varnothing 13H7$ ; M10-6G; P = 1.5; M10-6g; P = 1.5
10	$\varnothing 35H7$ ; M22-6G; P = 2.5; M22-6g; P = 2.5	25	$\varnothing 12H7$ ; M12-6G; P = 1.75; M12-6g; P = 1.75
11	$\varnothing 34H7$ ; M24-6G; P = 3; M24-6g; P = 3	26	$\varnothing 11H7$ ; M14-6G; P = 2; M14-6g; P = 2
12	$\varnothing 32H7$ ; M27-6G; P = 3; M27-6g; P = 3	27	$\varnothing 10H7$ ; M16-6G; P = 2; M16-6g; P = 2
13	$\varnothing 30H7$ ; M30-6G; P = 3.5; M30-6g; P = 3.5	28	$\varnothing 9H7$ ; M18-6G; P = 2.5; M18-6g; P = 2.5
14	$\varnothing 28H7$ ; M33-6G; P = 3.5; M33-6g; P = 3.5	29	$\varnothing 8H7$ ; M20-6G; P = 2.5; M20-6g; P = 2.5
15	$\varnothing 26H7$ ; M36-6G; P = 4; M36-6g; P = 4	30	$\varnothing 7H7$ ; M22-6G; P = 2.5; M22-6g; P = 2.5

## **Порядок выполнения:**

### **1. Аналитический метод.**

1. Составить схему технологического процесса обработки поверхности из условий экономической точности обработки.
2. Записать в таблицу технологические переходы в порядке их выполнения от заготовки до окончательной обработки (Таблица 1).

Таблица 1.

Название перехода.	Шероховатость Rz	Глубина Дефектного слоя h.	Квалитет.	Отклонения.
1	2	3	4	5

3. Определить значения пространственных отклонений и погрешности установки.
4. Определить расчетные величины минимальных припусков на обработку по всем технологическим переходам. Расчетные значения округлить до знака, что и допуск на этот переход.
5. Определить расчетные величины номинальных припусков на обработку по всем технологическим переходам.
6. Определить промежуточные размеры с предельными отклонениями по всем технологическим переходам (Таблица 2).

Таблица 2

Номер перехода	Размер с предельными отклонениями и шероховатостью (Ra) мм.	Припуск мм
1	2	3

7. Определить общий припуск на обработку, как сумму номинальных.
8. Полученное расчетное значение размера с величиной припуска:
  - а) для заготовок из проката – округляют (как правило в большую сторону) до ближайшего по сортаменту размера, наименьший предельный размер выбранной заготовки должен быть не менее минимального расчетного размера заготовки.

### **2. Статистический метод.**

Статистический метод применяют для определения по справочным таблицам:

- величину общего припуска при проектировании заготовок.
- величины припусков для получистовых и окончательных проходов.

- последовательность обработки с получаемыми промежуточными размерами и предельными отклонениями для некоторых видов обработки (например: обработка точных отверстий).

### Порядок проведения работы

1. Записать в таблицу технологические переходы в порядке обратном их выполнения от окончательной обработки до предварительной.
2. По таблицам выбираются величина общего припуска и величины припусков на окончательные проходы.
3. Припуск для предварительного прохода определяется вычитанием из общего припуска суммы чистовых и получистовых проходов.

**Таблица 3**

Номер перехода	Припуск мм	Размер с предельными отклонениями и шероховатостью (Ra) мм.
1	2	3

### **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска.

### **Вопросы для повторения:**

1. Припуск – определение
2. Напуск – определение
3. Перечислить виды припусков и дать их определения
4. Факторы, влияющие на величину припуска
5. Методы определения припусков

### **Литература:**

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
2. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
3. Обработка металла резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 656 с.

### **Пример выполнения работы:**

## Определение общих и межоперационных припусков.

Цель занятия:

Научиться определять:

- величины общих и промежуточных припусков табличным (статистическим) и аналитическим методами;
- межоперационные размеры с допусками и параметрами шероховатости при обработке заданной поверхности.

Исходные данные:

1. Вал.
2. Материал – Сталь 45.
3. Твердость – НВ 180.
4. Производство – (тип, серийность).

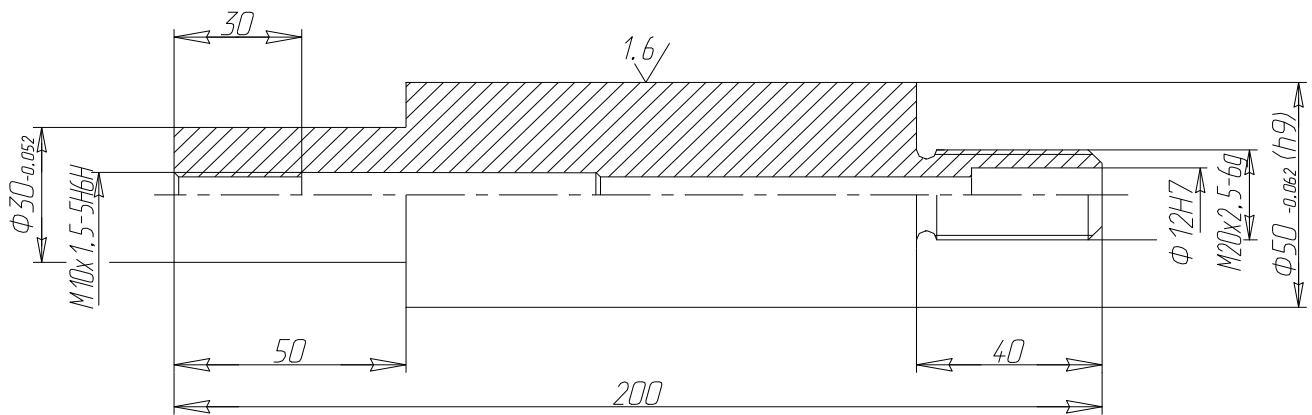


Рис.1

1. Межоперационные припуски для обработки наибольшей ступени.

Для обработки определяем технологический маршрут обработки с параметрами

точности и шероховатости (табл. 5, стр. 181, 5).

Таблица 1.

Название перехода	Шероховатость <i>Rz</i>	Глубина дефектного слоя <i>h.</i>	Квалитет.	Отклонения.
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
0. Заготовка.	<b>160</b>	<b>250</b>		+400 -1000
1. Точение черновое.	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	-300
2. Точение чистовое.	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	-120
3. Точение тонкое.	<b>6,3</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	-62

## 2.1 Аналитический метод.

Минимальный межоперационный припуск рассчитывается по формуле:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

Номинальный припуск для первого перехода:

$$2Z_{nom_i} = 2Z_{\min} + Td_{i-1}^-$$

Номинальный припуск для последнего перехода:

$$2Z_{nom_i} = 2Z_{\min} + Td_{i-1}^- + Td_i^+$$

Для остальных переходов номинальные припуски:

$$2Z_{nom} = 2Z_{\min} + Td_{i-1}$$

где: **Rz<sub>i-1</sub>** - шероховатость поверхности после предшествующего перехода;

**h<sub>i-1</sub>** - глубина дефектного слоя после предшествующего перехода

**ρ<sub>i-1</sub>** - пространственные отклонения, оставшиеся после предшествующего

перехода;

**ε<sub>i-1</sub>** - погрешность базирования на данном переходе;

**Td** - допуск на размер (+ - положительная часть допуска, - отрицательная часть).

Пространственные отклонения для заготовки определяются по формуле:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_u^2 + \rho_{usk}^2}$$

где: **ρ<sub>u</sub>** - отклонение при зацентровке вала;  $\rho_u = 0,25 \cdot \sqrt{Td^2 + 1}$

$\rho_{иск}$  - искривление оси заготовки;  $\rho_{иск} = \Delta K_p * l$  мкм  
 где:  $\Delta K_p$  - кривизна профиля (для проката табл. 4, стр. 180, 5);  
 $l$  - длина заготовки.

$$\rho_u = 0,25 \cdot \sqrt{1.4^2 + 1} = 0.43 \text{мм} = 430 \text{мкм}$$

$$\rho_{иск} = 1.5 * 200 = 300 \text{ мкм}$$

$$\rho_o = \sqrt{430^2 + 300^2} = 524 \text{мкм}$$

Пространственные отклонения механической обработки определяем по формуле:

$$\rho_i = K_y * \rho_{i-1}$$

где:  $K_y$  - коэффициент уточнения (табл. 29, стр. 190, 5);

$$\rho_1 = 524 * 0.06 = 32 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 32 * 0.05 = 1.6 \sim 2 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0 \text{ мкм}$$

Погрешность базирования  $\epsilon$  при установке в центрах равна нулю.

Минимальный припуск составит:

$$2Z_{\min_3} = 2(20 + 30 + \sqrt{2^2 + 0}) = 104 \text{мкм}$$

$$2Z_{\min_2} = 2(63 + 60 + \sqrt{32^2 + 0}) = 310 \text{мкм}$$

$$2Z_{\min_1} = 2(160 + 250 + \sqrt{524^2 + 0}) = 1580 = 1600 \text{мкм}$$

\*1600мкм получаем при округлении до знака допуска в первом переходе  
 $Td=1.4$

Номинальный припуск составит:

$$2Z_{\max_3} = 104 + 120 = 224 \text{мкм}$$

$$2Z_{\max_2} = 310 + 300 = 610 \text{мкм}$$

$$2Z_{\max_1} = 1600 + 1000 = 2600 \text{мкм}$$

Межоперационные размеры.

Таблица 2.

<i>Номер перехода</i>	<i>Размер с предельными отклонениями и шероховатостью (Ra) мм.</i>	<i>Припуск Mм</i>
<i>3 переход.</i>	$\Phi 50_{-0,062}$	0,224
<i>2 переход.</i>	$\Phi 50,224_{-0,12}$	0,61
<i>1 переход.</i>	$\Phi 50,834_{-0,3}$	2,6
<b>Заготовка расчетная</b>	$\Phi 53,434^{+0,4}_{-1}$	-

Общий расчетный припуск составил:

$$2Z_{\text{общ}} = 0.224 + 0.61 + 2.6 = 3.434 \text{ мм}$$

Ближайший по сортаменту диаметр прутка  $\Phi 54^{+0,4}_{-1}$

Припуск на черновой проход составит  $54 - 50,834 = 3,166 \text{ мм}$

## 2 Статистический метод.

### 2.1. Определение общего припуска для расчета габаритов заготовки.

Прокат:

По диаметру максимальной ступени вала  $\Phi 50$  и его длине 200 мм принимаем пруток  $\Phi 54$  (табл.4, стр.584, 7) с предельными отклонениями  $+0,4/-1,0$  (табл.62, стр.169, 5). Припуск на обработку составит 4 мм\*.

\*данные о припусках:

- на штамповку (табл. 39 – 40, стр. 116, 8);
- на отливку (табл. 11 – 23, стр. 31 – 38, 8).

### 2.2 По таблице определяем припуски на размер $\Phi 50_{-0,062}$ (табл.5, стр. 481, 5).

<i>Номер и название пе- рехода.</i>	<i>Величина припуска h.</i>	<i>Размер с предельными отклонениями и параметрами шероховатости (Ra) мм.</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>3 переход.</i>	0,2	$\Phi 50_{-0,062}$
<i>2 переход.</i>	1,1	$\Phi 50,2_{-0,12}$
<i>1 переход.</i>	2,7	$\Phi 51,3_{-0,3}$

Припуск на черновое точение (1 переход) получен вычитанием из общего припуска (пункт 1) припусков по 2 и 3 переходам.

$$4 - 1,1 - 0,2 = 2,7 \text{ мм} \quad *$$

\*припуски на фрезерную обработку (табл. 6, стр. 490, 5) и шлифовальную обработку (табл. 8, стр. 495, 5). При делении шлифовальной обработки на предварительную и окончательную обработки припуск делят в пропорции 1:3.

Например: припуск – 0,6:

- на предварительную обработку – 0,45 мм,
- на окончательную обработку – 0,15 мм.

### 2.3 Припуски на $\Phi 30_{-0,052}$ мм.

<i>Номер и название перехода.</i>	<i>Величина припуска h.</i>	<i>Размер с предельными отклонениями и параметрами шероховатости (Ra) мм.</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Тонкое точение.</i>	<i>0,2</i>	$\Phi 30_{-0,052}$
<i>Чистовое точение.</i>	<i>1,1</i>	$\Phi 30,2_{-0,1}$
<i>Черновое точение.</i>	<i>22,7</i>	$\Phi 31,3_{-0,3}$

### 2.4 Определение размера вала под последующее нарезание резьбы $M20 \times 2,5-6g$

Диаметр вала под нарезание резьбы резцом составляет  $\varnothing 19,8$  (табл.12,стр. 593, 7);

под накатывание резьбы роликами  $\varnothing 18,34$  (табл.13. стр. 596., 7).

### 2.5 Определение диаметра отверстия под последующее нарезание резьбы метчиком $M10 \times 1,5-5H6H$ (табл. 16, стр. 599, 7).

Диаметр отверстия  $\varnothing 8,43$   
Обработка сверлом  $\varnothing 8,4$

### 2.6 Определение технологического маршрута обработки отверстия $\varnothing 12H7$ . (табл. 5, стр. 585, 7).

- 1 переход - сверление  $\varnothing 10$ .
- 2 переход - зенкерование  $\varnothing 10,79$ .
- 3 переход - зенкерование фаски (технологический).
- 4 переход - развертывание предварительное  $\varnothing 11,95$ .
- 5 переход - развертывание окончательное  $\varnothing 12H7$ .

## Вывод:

Использование аналитического метода позволяет более точно определить припуски для назначенного маршрута обработки. Рассчитанные припуска позволяют получить более стабильное качественное изготовление деталей, сократить до минимума количество отходов, увеличить коэффициент использования материала. Так как этот метод трудоемок, его следует применять в крупносерийном и массовом производстве.

Статистический метод отличается достаточной простотой и более приемлемой точностью расчетов. Применяется в мелкосерийном и единичном производстве.

## **Практическая работа №5**

**Тема:** Разработка технологического процесса механической обработки детали типа «вал»

**Цель работы:** Отработать навыки разработки технологического процесса механической обработки деталей типа «вал»

### **Основные понятия:**

Проектирование технологических процессов состоит из следующих взаимосвязанных этапов: анализа исходных данных, технологического контроля детали, выбора типа производства, выбора заготовки, выбора баз, установления маршрута обработки отдельных поверхностей, проектирования технологического маршрута изготовления детали с выбором типа оборудования, расчета припусков расчета промежуточных и исходных размеров заготовки; построения операций, расчета режимов обработки, технического нормирования операций, оценки технико-экономических показателей процесса, оформления технологической документации.

Под технологическим маршрутом изготовления детали понимается *последовательность выполнения технологических операций* (или уточнение последовательности операций по типовому или групповому технологическому процессу) с выбором типа оборудования. На этапе разработки технологического маршрута припуски и режимы обработки не рассчитывают, поэтому рациональный маршрут выбирают с использованием справочных данных и руководящих материалов по типовым и групповым методам обработки.

Технологические маршруты весьма разнообразны и зависят от конфигурации детали, ее размеров, требований точности, программы выпуска, однако при проектировании маршрута следует руководствоваться следующей примерной схемой.

1. Сначала выявляют необходимость расчленения процесса изготовления детали на операции черновой, чистовой и отделочной обработки.
2. Операцию черновой обработки целесообразно отделить от чистовой, чтобы уменьшить влияние деформации заготовки после черновой обработки. Однако если заготовка жесткая, а обрабатываемые поверхности незначительны по длине, то такое расчленение не обязательно.
3. Отделочная обработка, как правило, выполняется на конечной стадии процесса. Но от этого положения в отдельных случаях приходится отступать. Например, если окончательная обработка поверхности связана с возможным отходом заготовок в брак, то эту операцию не следует выполнять последней, чтобы не иметь лишних затрат труда.
4. При формировании операций следует учесть, что определенная группа поверхностей потребует обработки с одной установки. К таким поверхностям относятся соосные поверхности вращения и прилегающие к ним торцевые поверхности, а также плоские поверхности, обрабатываемые в несколько позиций.

5. В самостоятельные операции выделяются обработка зубьев колес, нарезание шлицев, обработка пазов, сверление отверстий с применением многошпиндельных головок и др.
6. При формировании операций следует иметь в виду следующее: а) на первой операции необходимо обработать те поверхности, которые будут использованы в качестве установочных баз на второй, а возможно и на последующих операциях механической обработки; б) наличие термической или химико-термической обработки.
7. При формировании технологического маршрута устанавливается тип применяемого оборудования (станок токарный, фрезерный, сверлильный и т. д.).
8. Выполненная наметка технологического маршрута оформляется в виде операционных эскизов заготовок с указанием схемы их базирования и с выделением линиями двойной толщины обрабатываемых поверхностей.
9. В маршрут технологического процесса включают опущенные второстепенные операции (обработку крепежных отверстий, снятие фасок, зачистку заусенцев, промывку и др.), а также указывают место контрольных операций.

На основании документации типовых, групповых или единичных технологических процессов и классификатора технологических операций составляют последовательность переходов в каждой операции, выбирают средства технологического оснащения (СТО), в том числе средства контроля и испытаний (используют стандарты, каталоги, альбомы).

На этом же этапе выбирают средства механизации и автоматизации процесса и внутрицеховые средства транспортирования. Назначают и рассчитывают режимы обработки на основании технологических нормативов.

Выбор технологического оборудования. Этот этап начинают с анализа формирования типовых поверхностей деталей для определения наиболее эффективных методов их обработки, учитывая при этом назначение и параметры изделия. Результаты анализа представляют в виде отношений затрат основного и штучного времени и приведенных затрат на выполнение работ различными методами. Лучшим вариантом считается тот, значения показателей которого минимальные.

Выбор оборудования осуществляют по главному параметру, в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером изготавляемого изделия.

При выборе оборудования учитывают также минимальный объем приведенных затрат на выполнение технологического процесса при максимальном сокращении периода окупаемости затрат на механизацию и автоматизацию. Годовая потребность в оборудовании определяется по годовому объему работ, устанавливаемому статистическим анализом затрат средств и времени на изготовление изделий. Годовые приведенные расходы на использование оборудования определяются размерами затрат на его эксплуатацию.

Производительность оборудования определяют на основании анализа времени изготовления изделия заданного качества.

Для среднесерийного производства технологический процесс следует разра-

батывать по принципу группового метода обработки деталей, дающего возможность эффективно применять на универсальном оборудовании специализированную высокопроизводительную технологическую оснастку и повышать производительность труда. В среднесерийном производстве нашли применение станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

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

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

Выбор технологической оснастки и средств контроля. При выборе технологической оснастки и средств контроля предусматривается проведение следующего комплекса работ:

- анализ конструктивных характеристик изготавливаемого изделия (габаритные размеры, материалы, точность, геометрия и шероховатость поверхностей и т. д.), организационных и технологических условий изготовления изделия (схема базирования и фиксации, вид технологической операции, организационная форма процесса изготовления и т. д.)
- группирование технологических операций для определения наиболее приемлемой системы технологической оснастки и повышения коэффициента ее использования
- определение исходных требований к технологической оснастке
- отбор номенклатуры оснастки, соответствующей установленным требованиям
- определение исходных расчетных данных для проектирования и изготовления новых конструкций оснастки
- выдача технического задания на разработку и изготовление технологической оснастки

Конструкцию оснастки определяют на основе стандартов и типовых решений для данного вида технологических операций с учетом габаритных размеров изделий, вида и материала заготовок, точности параметров и конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей, влияющих на конструкцию оснастки, технологических схем базирования и фиксации заготовок, характеристик оборудования и объемов производства.

При разработке процессов контроля выявляют характеристики объекта контроля; показатели процесса контроля, определяющие выбор средств; уточняют методы и схемы измерений, для чего требуется конструкторская документация на изделие, технологическая документация на его изготовление и контроль, методика расчета показателей контроля.

Состав средств контроля должен обеспечивать заданные показатели с учетом метрологических и эксплуатационных характеристик (используются государственные, отраслевые стандарты и стандарты предприятий на средства контроля, классификаторы и каталоги средств контроля). Произведен-

ный выбор средств контроля обосновывается экономически выдаются исходные данные и технические задания для проектирования недостающих средств. Затем составляют ведомости отобранных средств. По результатам выбора средств контроля оформляют технологическую документацию согласно требованиям стандартов.

Формы организации технологических процессов. Форма организации технологических процессов изготовления изделия зависит от установленного порядка выполнения операций, расположения технологического оборудования, числа изделий и направления их движения в процессе изготовления. Необходимо осуществить нормирование ТП: установить исходные данные для расчета норм времени и расхода материалов, рассчитать затраты труда и расход материалов, определить разряд работ и профессии исполнителей операций (используют нормативы времени и расхода материалов, классификаторы разрядов работ и профессий).

По методике расчета экономической эффективности процессов (присчитываются несколько вариантов) выбирают оптимальный ТП.

На заключительном этапе на основании стандартов ЕСТД технологический процесс оформляется документально, осуществляется нормоконтроль технической документации.

**Вал** - круглый стержень, длина которого превышает три диаметра.

**Длинный вал** – вал, длина которого превышает 12 диаметров

Валы бывают гладкие, ступенчатые, с участками сложной формы, пустотелые.

#### **Технологический маршрут токарной обработки валов:**

1. Подрезание торцов заготовки в размер длины и центрование с двух сторон
2. Черновое обтачивание в патроне и заднем центре с припуском на чистовую обработку точных поверхностей 1 – 2 мм на диаметр
3. Чистовое обтачивание точных поверхностей в центрах.

#### **Исходные данные (задание):**

Разработать технологический процесс обработки ступенчатого вала.

#### **Порядок выполнения:**

1. Написать тему и цель работы
2. Ответить на вопросы по чертежу (устно):
  - Какую форму имеет деталь?
  - Чему равны габаритные размеры детали?
  - Есть ли классные размеры на детали? Какие?
  - Какова шероховатость поверхностей детали? Что называется шероховатостью?
    - Какие требования предъявляются к валам?
3. Провести анализ технологичности детали
4. Составить технологический процесс обработки «вала» по плану:

- выберите оборудование, на котором будет обрабатываться заготовка;
  - выберите приспособления для установки детали;
  - выполните схемы базирования;
  - составьте маршрутный технологический процесс
  - составьте операционный технологический процесс
  - выберите режущий инструмент;
  - выберите измерительный инструмент;
  - назначьте режимы резания на все основные переходы;
  - определите время на основные переходы и на всю операцию.
  - заполнение карты технологического процесса
5. Выполнить операционные эскизы
  6. Ответить на вопросы для повторения
  7. Оформить отчет и сдать на проверку преподавателю в установленный срок

#### **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, ПК студенческие, проектор, интерактивная доска.  
Комплект наглядных пособий: комплект металлических деталей типа «вал». Штангенциркули ШЦ-I-125-0.1; Штангенциркули ШЦ-II-250-0.05

#### **Вопросы для повторения:**

1. Производственный процесс – определение
2. Технологический процесс – определение
3. Состав технологического процесса – дать определения каждого элемента технологического процесса
4. Классификация технологических процессов
5. Порядок разработки технологического процесса механической обработки вала с термообработкой.

#### **Литература:**

1. Аверьянов О.И. Технология фрезерование изделий машиностроения : учебное пособие / О.И. Аверьянов, В.В. Клепиков. - М. : ФОРУМ, 2008. - 432 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.

3. Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД) : учебник для НПО / А.П. Ганенко, Лапсарь М.И.. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2008. - 352 с.
4. Григорьев С.Н. Инструментальная остилка для станков с ЧПУ : справочник / С.Н. Григорьев, М.В. Кохановский, А.Р. Маслов; под ред. А.Р. Маслова. - М. : Машиностроение, 2006. - 544 с.
5. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
6. Обработка металла резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 656 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 496 с.

## **Практическая работа №6**

**Тема:** Разработка технологического процесса механической обработки корпусной детали

**Цель работы:** Отработать навыки разработки технологического процесса механической обработки корпусных деталей

**Основные понятия:**

### **Основные термины и определения.**

**Технологическая подготовка производства (ТПП)** – это проработка технологичности изделия, разработка технологических процессов с выдачей заказов на проектирование технологической оснастки и специального режущего инструмента.

Содержание ТПП, используемые термины и определения регламентируются совокупностью стандартов единой системы ТПП (ЕСТПП) и технологической документации (ЕСТД).

**Производственный процесс (ПП)** – это совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта, выпуска продукции.

### Этапы производственного процесса:

1. Получение заготовок – осуществляется в заготовительных цехах: литьевом, кузнецном и т.д.
2. Обработка заготовок и деталей на металлорежущих станках – осуществляется в механических цехах.
3. Частичная (узловая) сборка – осуществляется в сборочных цехах.
4. Окончательная сборка – в цехе окончательной сборки или на главном конвейере.
5. Испытание и регулирование – в специальных цехах на стендах.
6. Отделка и окраска.

**Технологический процесс (ТП)** – это часть ПП, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния предмета труда.

Применительно к машиностроению ТП – это часть ПП, включающая в себя последовательное изменение формы, размеров, внешнего вида или внутренних свойств материалов или полуфабрикатов для получения изделий с заданными параметрами и их контроль.

### Элементы технологического процесса.

**1. Технологическая операция (ТО)** – это законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми или собираемыми изделиями одним или несколькими рабочими.

**2. Технологический установ** – это часть ТО, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемых изделий.

**3. Технологический переход** – законченная часть ТО, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах обработки и установки (т.е. выполняется одним инструментом).

**4. Вспомогательный переход** – это законченная часть ТО, не сопровождаемая обработкой, но необходимая для выполнения данной операции (например, установка или снятие заготовки, замена инструмента, контрольный замер).

**Технологическая позиция** – это фиксированное положение, которое занимает неизменно закрепленная заготовка относительно неподвижной части оборудования или инструмента для выполнения определенной части операции.

**Рабочий ход** – это законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

**Вспомогательный ход** – это законченная часть перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемая изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки, но необходимая для выполнения рабочего хода.

## **Порядок проектирования технологического процесса.**

### Основные положения и классификация.

Разрабатываемый технологический процесс должен:

1. Быть прогрессивным;
2. Обеспечивать повышение производительности труда и качества продукции;
3. Обеспечивать минимальный уровень затрат времени и средств;
4. Оказывать минимальное вредное воздействие на окружающую среду.

При разработке технологического процесса необходима исходная информация, которая подразделяется:

1. Базовая – это чертежи, технические условия, данные о заготовках, программа выпуска.
2. Руководящая – это стандарты, классификаторы применяемого на одном предприятии инструмента, оборудования, приспособлений и др.
3. Справочная – это информация с других предприятий, информация опытного производства, технические справочники и нормативы.

### Классификация технологических процессов.

1. По степени унификации:
  - а) единичный - тех. процесс изготовления или ремонта определенного изделия независимо от типа производства;

- б) типовой – тех. процесс обработки для группы изделий со сходными конструктивными и технологическими признаками;
- в) групповой – тех. процесс для изготовления или ремонта группы изделий со сходными технологическими признаками.

## 2. По прогрессивности:

- а) перспективный – это тех. процесс, методы и средства достижения которого предстоит освоить полностью или частично на данном предприятии (т.е. ТП, который необходимо освоить);
- б) рабочий – это ТП, который проверен и изучен на данном предприятии.

## 3. По стадии разработки:

- а) проектный – ТП, который требует проверки;
- б) временный – ТП, используемый для временной замены существующего ТП (из-за выхода из строя оборудования или оснащения), а так же в аварийных ситуациях;
- в) стандартный – ТП, который регламентирован стандартом (ГОСТом, ОСТом, СТП).

## 4. По степени детализации описания:

- а) маршрутное описание ТП – это сокращенное описание всех операций в последовательности их выполнения (допускается не указывать ряд технологических параметров, не разделять на переходы). Этот способ применяется в единичном производстве, при разработке временных и простых ТП. При написании используется стандартная форма – маршрутная карта (МК).
- б) операционное описание ТП – это полное описание всех операций с указанием переходов, режимов резания, норм времени; каждая операция разрабатывается на отдельных операционных картах (ОК). Рекомендуется к каждому установу разрабатывать карту эскизов (КЭ) с указанием обрабатываемых поверхностей, выполняемых размеров и шероховатости с элементами базирования и закрепления. Применяется в серийном и массовом производстве.
- в) маршрутно-операционное описание – это сокращенное описание простых операций, как при маршрутном описании и подробное описание сложных или ответственных операций, как при операционном описании. Применяется в мелкосерийном производстве.

## Последовательность разработки технологического процесса изготовления машин.

1. Выбор типа производства изготовления машины.
2. Анализ служебного назначения машины, отдельных ее узлов с целью определения размерных зависимостей.
3. Изучение чертежей для проработки на технологичность.
4. Разработка технологического процесса общей сборки для определения сроков изготовления отдельных деталей и выполнения различных технических условий.

5. Выбор метода и формы получения заготовок, исходя из материала и программы выпуска.
6. Разработка экономичных технологических процессов, исходя из программы выпуска. Вносятся корректизы в ТП общей сборки и чертежи.
7. Планировка оборудования или рабочих мест.
8. Проектирование и изготовление специального оснащения (различные приспособления для изготовления, сборки и контроля; специальный режущий и мерительный инструмент).
9. Внедрение, исправление всех недостатков.

#### Последовательность разработки технологического процесса изготовления деталей.

1. Группирование деталей по сходным конструктивно-технологическим признакам для создания типовых технологических процессов.
2. Изучение размеров с допусками, параметрами шероховатости, отклонениями формы и расположения поверхностей для создания схем базирования. Наиболее ответственно необходимо подходить к выбору первых черновых и чистовых баз и баз для обработки поверхностей, связанных жесткими допусками расположения поверхностей.
3. Разработка маршрута обработки – последовательности обработки поверхностей с определением вида обработки.
4. Расчет припусков с определением межоперационных размеров, при этом определяется целесообразность разделения обработки на черновую и чистовую в отдельные операции.
5. Выбор оборудования и оснащения.
6. Детализация обработки в операции – составление переходов с расчетом режимов обработки и нормирования.
7. Определение технико-экономической эффективности ПТ.
8. Оформление по ГОСТам (ОСТам, СТП) в соответствии с требованиями ЕСТД.

#### Порядок выбора оборудования.

1. Определяется наиболее эффективный метод обработки поверхности (точение, строгание, фрезерование и т.д.). Выбирают тот метод, который обеспечивает необходимое качество при минимальных совокупных затратах
2. Выбирается конкретная группа оборудования, ориентируясь на его технические характеристики (точность, жесткость, габариты рабочего пространства, мощность, возможность механизации, цена и т.д.). В единичном производстве выбирают станок для обработки группы деталей, свойственных данному цеху. В массовом производстве станки выбираются на определенную технологическую операцию (как правило специализированные). Их производительность должна быть увязана с тактом поточной линии.

## Правила выбора оснащения.

Количество оснащения, уровень его специализации и механизации, стоимость изготовления зависит:

1. От технической сложности выпускаемого изделия. Чем сложнее продукция, тем больше оснастки.
2. От объемов выпуска продукции. Чем больше годовой объем выпуска изделий, тем больше изготавливается оснащения.

Применение специального оснащения должно обосновываться из соображений окупаемости.

## Рекомендации по разработке технологических процессов.

Следует стремиться выполнять следующие условия:

1. Операции должны быть равными или кратными друг другу.
2. На первых операциях обрабатываются те поверхности, которые будут первыми чистовыми базами.
3. В первых операциях обрабатываются поверхности, которые имеют большие припуска для уменьшения влияния внутренних напряжений на последующую обработку.
4. По этим же причинам выделяют черновую и чистовую обработку в разные операции, хотя экономически это не выгодно.
5. В начале технологического процесса так же на первой операции следует обрабатывать поверхности, на которых возможно появление скрытых дефектов.
6. Сложные обработки выделяют в отдельные операции (из-за сложности настройки или контроля выполняемых размеров).
7. Количество применяемых инструментов не должно превышать число одновременно устанавливаемых на станке. Например: на токарном станке не более четырех резцодержателей.

Если поверхности на деталях увязаны допусками расположения поверхностей (соосность, перпендикулярность, биение и т.д.), то обрабатывать их следует одним из трех способов:

1. За одну установку (наиболее экономичный вариант)
2. Обработать поверхности от одних и тех же баз с разных установок.  
Этот способ применяется в случае, если схема базирования обеспечивает очень малую погрешность базирования. Например – в центрах.
3. Одна из поверхностей, начисто обработанная, используется в качестве базы при обработке другой.

## **Исходные данные (задание):**

Разработать технологический процесс обработки корпусной детали.

## **Порядок выполнения:**

1. Написать тему и цель работы
2. Ответить на вопросы по чертежу (устно):
  - Какую форму имеет деталь?
  - Чему равны габаритные размеры детали?
  - Есть ли классные размеры на детали? Какие?
  - Какова шероховатость поверхностей детали? Что называется шероховатостью?
  - Какие требования предъявляются к корпусным деталям?
3. Провести анализ технологичности детали
4. Составить технологический процесс обработки корпусной детали по плану:
  - выберите оборудование, на котором будет обрабатываться заготовка;
  - выберите приспособления для установки детали;
  - выполните схемы базирования;
  - составьте маршрутный технологический процесс
  - составьте операционный технологический процесс
  - выберите режущий инструмент;
  - выберите измерительный инструмент;
  - назначьте режимы резания на все основные переходы;
  - определите время на основные переходы и на всю операцию.
  - заполнение карты технологического процесса
5. Выполнить операционные эскизы
6. Ответить на вопросы для повторения
7. Оформить отчет и сдать на проверку преподавателю в установленный срок

## **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, ПК студенческие, проектор, интерактивная доска.  
Комплект наглядных пособий: комплект электронных моделей корпусных деталей, комплект металлических корпусных деталей.

## **Вопросы для повторения:**

1. Производственный процесс – определение
2. Технологический процесс – определение
3. Состав технологического процесса – дать определения каждого элемента технологического процесса
4. Классификация технологических процессов
5. Порядок разработки технологического процесса механической обработки детали

## **Литература:**

1. Аверьянов О.И. Технология фрезерование изделий машиностроения : учебное пособие / О.И. Аверьянов, В.В. Клепиков. - М. : ФОРУМ, 2008. - 432 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
3. Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД) : учебник для НПО / А.П. Ганенко, Лапсарь М.И.. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2008. - 352 с.
4. Григорьев С.Н. Инструментальная остинаска для станков с ЧПУ : справочник / С.Н. Григорьев, М.В. Кохановский, А.Р. Маслов; под ред. А.Р. Маслова. - М. : Машиностроение, 2006. - 544 с.
5. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
6. Обработка металла резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 656 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 496 с.

## Практическая работа №7

**Тема:** Расчет режимов резания для токарных, сверлильных и фрезерных операций

**Цель работы:** Рассчитывать режимы резания для механической обработки детали

### Основные понятия:

Режимы резания характеризуются числовыми значениями глубины резания, подачи (или скорости движения подачи) и скорости резания, а также геометрическими параметрами и стойкостью инструментов, силами резания, мощностью и другими параметрами процесса резания, от которых зависят его технико-экономические показатели.

Существует два метода определения режимов резания: аналитический и статистический.

При определении режимов обработки аналитическим методом сначала устанавливают глубину резания в миллиметрах. Глубину резания назначают по возможности наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности и технологических требований на изготовление детали. После установления глубины резания устанавливается подача станка. Подачу назначают максимально возможную, с учетом погрешности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности, по нормативным таблицам и согласовывают с паспортными данными станка. От правильно установленной подачи во многом зависит качество обработки и производительности труда. Для черновых технологических операций назначают максимально допустимую подачу. После установления глубины резания и подачи определяют скорость резания по эмпирическим формулам с учетом жесткости технологической системы.

При определении режимов обработки статистическим (табличным) методом используют нормативные в зависимости от выбранного типа производства и установленного вида обработки заготовки. Табличный метод определения режимов резания сравнительно прост. Определение режимов резания табличным методом широко применяют в производственных условиях, т.к. этот метод дает возможность ускорить разработку технологических процессов и сократить сроки подготовки к запуску изготовления данного изделия.

**Глубина резания** при точении равна полуразности диаметров обрабатываемой и обработанной детали (при точении).

$$T = (D-d)/2$$

Она связана с припуском, оставляемым для выполнения данной технологической операции. На операциях окончательной обработки припуск составляет не более 0,5 мм. На промежуточных операциях припуск на обработку изме-

няется в пределах 0,5... 5 мм. На операциях предварительной обработки заготовок в зависимости от их размеров и способа изготовления припуск может быть более 5 мм.

Подача  $S$  – это величина перемещения резца за один оборот заготовки. Значение подачи  $S$  определяют в зависимости от вида технологической операции, геометрических параметров инструмента по справочнику. Выбранное значение корректируют на поправочный коэффициент  $K$ , зависящий от обрабатываемого материала.

$$S = S_{\text{табл}} \times K$$

Операции окончательной обработки ведут при подаче на оборот  $S_0 < 0,1$  мм/об. При получистовых операциях подачу назначают в пределах  $S_0 = 0,1...0,4$  мм/об. Операции предварительной обработки для сокращения времени стремятся вести при подаче  $S_0 = 0,4...0,7$  мм/об. При обработке заготовок на тяжелых станках можно применять глубину резания до 30 мм и подачу до 1,5 мм/об.

**Рабочую подачу** выбирают из числа имеющихся в коробке подач станка, причем это значение должно находиться в пределах интервала предварительно выбранных значений подач.

**Режимы обработки** ( $V$ ,  $t$ ,  $S$ ) на черновых переходах необходимо проверять по следующим значениям: наибольшие усилия подачи не должны превышать значений, допускаемых механизмами станка; крутящий момент, возникающий при резании, не должен превышать момента, передаваемого механизмами станка и зажимным устройством приспособления.

**Скорость резания** равна:  $V = V_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3$  м/мин, где  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  - коэффициенты, зависящие от обрабатываемого материала, от стойкости и марки твердого сплава, а также от вида обработки соответственно.

Скорость резания определяют по эмпирическим формулам. Например, для точения

$$V_t = \frac{C_v}{T^{m_f} v_s^{y_v}} k_v$$

где  $C_v$ - коэффициент, зависящий от обрабатываемого и инструментального материалов и условий резания;

$T$  – стойкость резца в минутах;

$m$ - показатель относительной стойкости;

$k_v$  – поправочный коэффициент

$X_v$ ,  $Y_v$ –показатели степеней.

**Рабочую частоту вращения шпинделя** выбирают из числа значений, обеспечиваемых коробкой скоростей станка, с учетом того, что она должна находиться в интервале частот для меньшей и большей скоростей.

С помощью установленных рабочих значений основных параметров режимов резания — глубины резания  $t$ , подачи  $S$  и частоты вращения шпинделя  $n$  — проводят расчет остальных рабочих режимов и соответствующих технико-экономических показателей.

**Рабочую скорость резания**  $V$ , м/мин, при известной частоте вращения

шпинделя  $n$ , об/мин, и заданном диаметре заготовки  $D$ , мм, можно рассчитать по формуле

$$V = \pi D n / 1000.$$

При выборе режимов обработки необходимо придерживаться определенного порядка, т.е. при назначении и расчете режимов обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования.

### **Исходные данные (задание):**

1. Рассчитывать режимы резания для всех операций механической обработки корпусной детали и детали типа «вал».
2. Занести рассчитанные режимы резания в технологические процессы, выполненные в практических работах №5 и №6.

### **Порядок выполнения:**

1. Написать цель и тему работы
2. Внимательно изучить теоретический материал
3. Записать название операции, выполнить эскиз обработки
4. Выбирать по справочнику режущий инструмент, установить его марку материала и геометрические параметры
5. Установить глубину резания для снятия припуска за один проход
6. Назначить подачу по справочнику
7. Назначить период стойкости инструмента
8. Записать формулы для определения скорости резания
9. Выписать из справочника значения коэффициента  $C_V$  и показателей степеней  $m$ ,  $X_V$ ,  $Y_V$
10. Выписать значения поправочных коэффициентов
11. Сделать вычисления по расчетным формулам
12. Рассчитать частоту вращения шпинделя
13. Скорректировать частоту вращения шпинделя по паспорту станка
14. Рассчитать действительную скорость резания
15. Рассчитать основное время обработки
16. Рассчитать мощность, затрачиваемую на резание
17. Проверить достаточность мощности привода станка для заданного режима резания
18. Обдумать полученный результат и занести рассчитанные режимы резания в технологические процессы, выполненные в практических работах №5 и №6
19. Оформить отчет и сдать практическую работу преподавателю в установленный срок.

## **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска.

### **Литература:**

1. Аверьянов О.И. Технология фрезерование изделий машиностроения : учебное пособие / О.И. Аверьянов, В.В. Клепиков. - М. : ФОРУМ, 2008. - 432 с.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
3. Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверильно-фрезерных-рас-точных станков и числовым программным управлением : справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред. В.И. Гезеева. - 2-е изд.. - М. : Машиностроение, 2007. - 368 с.
4. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резанья : справочник: В 2-х т.: Т.1 / А. Д. Локтев, И. Ф. Гущин, В. А. Батуев и др. - М. : Ма-шиностроение, 1991. - 640 с.
6. Обработка металла резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Маши-наstroение, 1986. - 656 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Маши-наstroение, 1986. - 496 с.

## Практическая работа №8

**Тема:** Нормирование токарных, сверлильных и фрезерных операций

**Цель работы:** Отработать навыки и умения по расчету времени, необходимого для механической обработки деталей

### Основные понятия:

При нормировании операций технологического процесса время можно определить следующими методами:

- расчетом по отдельным элементам на основе анализа последовательности и содержания действий рабочего и станка;
- приближенно по типовым нормам в условиях единичного и мелкосерийного производства;
- на основе хронометража фактических затрат времени.

Время работы состоит:

- из подготовительно-заключительного времени, которое рабочий затрачивает на подготовку рабочего места к обработке партии заготовок и приведение его в исходное состояние по окончании обработки этой партии заготовок;
- основного времени, затрачиваемого непосредственно на изменение формы, размеров и качества поверхности заготовки, превращая ее в деталь;
- вспомогательного времени, затрачиваемого рабочим на действия, способствующие выполнению основной работы, а именно: на установку и закрепление заготовки, снятие детали, изменение режимов работы станка, измерения и др.;
- времени обслуживания рабочего места.

Основное время зависит от режимов обработки: глубины резания, подачи и скорости резания, которые зависят в основном от свойства обрабатываемого материала, формы и жесткости заготовки, материала режущей части инструмента и мощности станка.

Число проходов зависит от величины припуска и глубины резания. Глубину резания выбирают исходя из мощности станка, жесткости заготовки и системы обработки в целом. При наличии черновой обработки целесообразно припуск снимать за один проход. При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Следует иметь в виду, что нормативные данные предусматривают усредненные значения глубины резания, подачи и скорости резания, поэтому практически их можно несколько или увеличивать, или уменьшать.

*Таблица 1. Алгоритм определения параметров токарной операции*

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
----------------	---------------	-------------------------------

1	Определение длины L обработки и снимаемого припуска Z	Рабочие чертежи детали и заготовки
2	Определение оборотной подачи $S_{об}$ мм/об, заготовки	Справочник
3	Определение расчетной скорости резания $V'$ , м/мин	Справочник
4	Определение расчетного числа оборотов в минуту шпинделя станка $n'$	$n' = 1000v/(\pi D)$
5	Определение фактического числа $n$ оборотов в минуту шпинделя станка	По паспорту станка
6	Определение фактической скорости урезания	$v = \pi Dn/1000$
7	Определение минутной подачи $S_{мин}$ мм/мин	$S_{мин} = S_{об}n$
8	Определение длины врезания $L_{вр}$ и длины перехода резца $L_n$	По справочнику
9	Определение расчетной длины $L_p$	$L_p = L_{вр} + L + L_n$
10	Определение основного времени $t_{oi}$ для каждого перехода	$t_{oi} = L_{pi}/S_{мин}$
11	Определение основного времени $t_o$ для всей операции (i переходов)	$t_o = \sum t_{oi}$
12	Определение вспомогательного времени $t_b$	По справочнику
13	Определение оперативного времени $t_{оп}$	$t_{оп} = t_o + t_b$
14	Определение времени технического обслуживания рабочего места $t_{т.о.}$	По справочнику $t_{т.о.} = 2,5t_o/100$
15	Определение времени на физические потребности $t_n$ .	По справочнику $t_n = 2,5t_{оп}/100$
16	Определение времени организационного обслуживания рабочего места $t_{opr}$	По справочнику $t_{opr} = 4,6t_{оп}/100 - t_{т.о.} - t_n$
17	Определение штучного времени $T_{шт}$	$T_{шт} = t_o + t_b + t_{opr} + t_{т.о.} + t_n$
18	Определение числа заготовок в партии при серийном производстве	$q_{парти} = 5N_u/254$
19	Определение подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$	По справочнику
20	Определение штучно-калькуляционного времени	$t_{шт-к} = T_{шт} + t_{п-з}/q_{парти}$
21	Занесение результатов расчета в операционную карту	

Таблица 2. Алгоритм определения параметров фрезерной операции

Номер действия	Цель действия	Источник получения результата
1	Определение вида производства	Годовая программа выпуска деталей Np

2	Определение числа заготовок в партии при серийном производстве	$q_{\text{парт}} = N_u / 254$
3	Выбор алгоритма для расчета штучно-калькуляционного времени	$t_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + t_{\text{о-з}} / q_{\text{парт}}$
4	Выбор алгоритма для расчета штучного времени	$T_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{\text{опр}} + t_{\text{т.о}} + t_n$
5	Выбор алгоритма для расчета основного (технологического времени)	$t_o = L_p i / (S_{\text{мин}} a)$
6	Выбор алгоритма для определения расчетной длины	$L_p = L_{\text{вр}} + L + L_n$
7	Выбор алгоритма для определения длины L обработки и снимаемого припуска z	Схема фрезерования и эскиз заготовки
8	Выбор алгоритма для определения длины врезания L <sub>вр</sub> и длины перебега резца L <sub>n</sub>	Схема фрезерования
9	Определение расчетной длины L <sub>p</sub>	$L_p = L_{\text{вр}} + L + L_n$
10	Определение оборотной подачи S <sub>об</sub> мм/об, заготовки	$S_{\text{об}} = S_z z$
11	Определение минутной подачи S <sub>мин</sub> мм/об, заготовки	$S_{\text{мин}} = S_{\text{об}} n$
12	Определение расчетной скорости резания V', м/мин	Справочник
13	Определение расчетного числа оборотов в минуту шпинделя станка n'	$n' = 1000v / (\pi D)$
14	Определение фактического числа n оборотов в минуту шпинделя станка	По паспорту станка
15	Определение фактической скорости урезания	$v = \pi D n / 1000$
16	Определение основного времени t <sub>oi</sub> для каждого перехода	$t_{oi} = L_{pi} / S_{\text{мин}}$
17	Определение основного времени t <sub>o</sub> для всей операции (i переходов)	$t_o = \sum t_{oi}$
18	Определение вспомогательного времени t <sub>b</sub>	По справочнику
19	Определение оперативного времени t <sub>оп</sub>	$t_{\text{оп}} = t_o + t_b$
20	Определение времени технического обслуживания рабочего места t <sub>т.о.</sub>	По справочнику
21	Определение времени на физические потребности t <sub>n</sub> .	По справочнику
22	Определение времени организационного обслуживания рабочего места t <sub>опр</sub>	По справочнику
23	Определение штучного времени T <sub>шт</sub>	$T_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{\text{опр}} + t_{\text{т.о}} + t_n$
24	Занесение результатов расчета в операционную карту	

### Исходные данные (задание):

Выполнить нормирование всех операций технологического процесса:

- рассчитать основное (технологическое) время на обработку поверхностей заготовки пооперационно;
- определить вспомогательное и подготовительно – заключительное время;
- рассчитать время на организационное и техническое обслуживание;
- определить норму времени на выполнение каждой операции.

### **Порядок выполнения:**

1. Написать цель и тему работы
2. Внимательно изучить теоретический материал
3. Ответить на вопросы для закрепления теоретического материала
4. Записать условия заданий, выполнить чертеж детали с указанием размеров и операционные эскизы
5. По алгоритму (таблица 1, таблица 2) определить норму времени на токарную или фрезерную обработку данной детали
6. Занести рассчитанные нормы времени в технологические процессы, выполненные в практических работах №5 и №6
7. Оформить отчет и сдать практическую работу преподавателю в установленный срок

### **Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска

### **Вопросы для повторения:**

1. Что такое норма времени?
2. Назовите известные вам методы определения нормы времени.
3. Что такое штучное время?
4. На какие работы рабочий затрачивает подготовительно-заключительное время?
5. На какие работы затрачивается основное время?
6. На какие работы рабочий затрачивает вспомогательное время?
7. Назовите составляющие расчетной длины обработки.
8. Каким образом учитывают подготовительно-заключительное время при нормировании операций?

### **Литература:**

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
2. Иконников А.Н. Нормирование труда в машиностроении : учебное пособие для авиационных техникумов / А.Н. Иконников, Л.Н. Баимов, А.В. Носов. - М. : Машиностроение, 1983. - 160 с.
3. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.

## Практическая работа №9

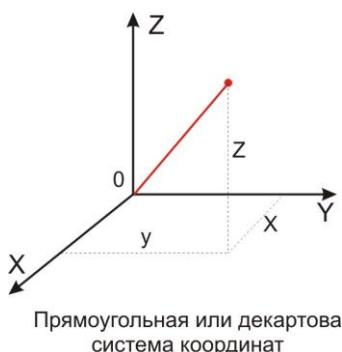
**Тема:** Разработка расчетно-технологической карты

**Цель работы:** Отработать навыки разработки технологического процесса, оформления технологической документации

**Основные понятия:**

### СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПРИ РАСЧЕТЕ ПРОГРАММ.

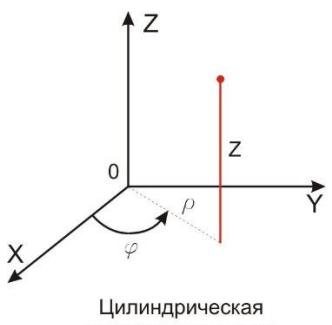
Существуют три основных употребляемых при расчете программ системы координат:



Прямоугольная или декартова система координат

**Прямоугольная или Декартова система координат** – в ней расстояния, берутся с определенным знаком по осям X,Y,Z от одной точки до трех взаимно перпендикулярных координатных плоскостей. Точка пересечения координатных плоскостей считается началом координат. Координаты X,Y,Z называются соответственно абсциссой, ординатой и аппликатой.

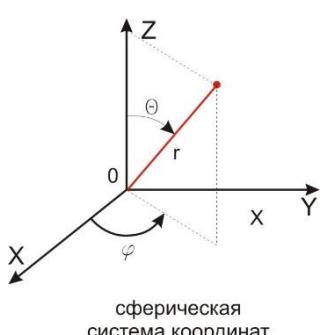
Устанавливается **прямоугольная** система координат в программе при помощи подготовительной функции – **G35**. Всегда устанавливается по умолчанию.



Цилиндрическая система координат

**Цилиндрическая система координат** – в ней координаты определяемой точки задаются радиусом  $\rho$ , центральным углом  $\varphi$ , и проекцией точки на основную плоскость и аппликатой, Z – расстоянием от точки до основной плоскости.

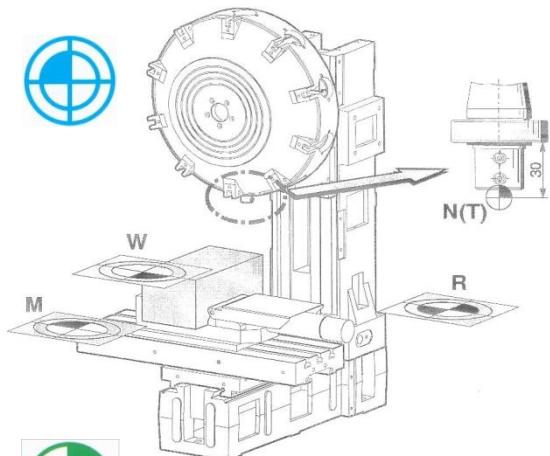
Устанавливается **цилиндрическая** система координат в программе при помощи подготовительной функции – **G36**.



сферическая система координат

**Сферическая система координат** – используется реже чем две предыдущие. В этой системе координаты определяемой точки задаётся длиной радиус-вектора  $r$ , центральным углом  $\varphi$ , и долготой или углом отклонения  $\theta$ .

## ОФОРМЛЕНИЕ РТК.



**M = Нулевая точка станка (Машинный ноль)**

Неизменная базовая точка, устанавливаемая производителем станка. Относительно данных точек выполняются все размерные функции станка. В то же время, "M" является началом системы координат станка.



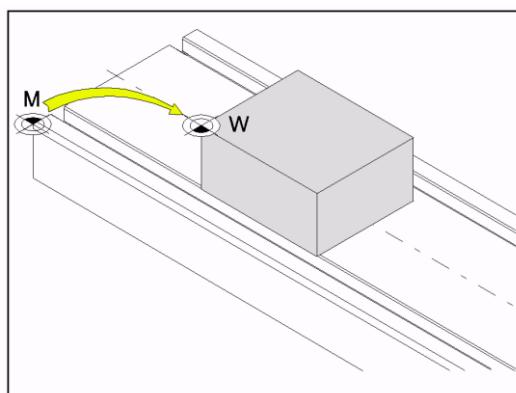
**R = Базовая точка**  
Позиция в рабочей зоне станка, которая точно определяется предельными выключателями. Позиции подвижных органов станка отображаются в системе управления путем подвода к „R“. Используется после каждого сбоя питания для проверки точности работы системы ЧПУ и станка.



**N = Базовая точка установки инструмента** - Исходная точка для выполнения размерной привязки инструмента. „N“ находится в подходящей точке в системе резцодержателя, и определяется производителем станка.



**W = Нулевая точка детали (нуль детали)** — точка на детали, относительно которой заданы основные ее размеры позиции для размерных функций программы. Свободно устанавливается программистом, при необходимости может быть перемещена в пределах программы обработки.



Точка нуля станка "M" находится на левом переднем крае стола станка. Данная позиция не подходит для использования в качестве исходной точки для размерной привязки. При помощи так называемого сдвига нуля система координат может быть перемещена в подходящую точку в рабочей зоне станка.

Выполняется **сдвиг ноля** при помощи подготовительных функций **G54 - G57**, тогда

точка нуля системы координат будет смешена из нуля станка M в нуль детали W.

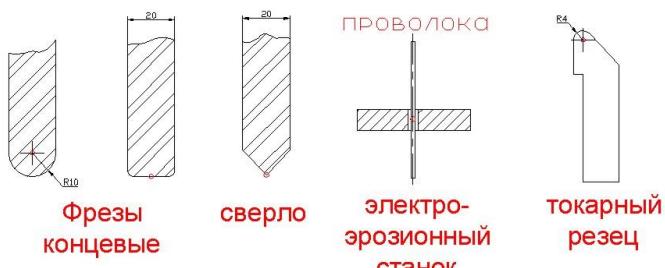
Возврат производится функцией **G53**, система координат возвращается в точку M.

## ТРАЕКТОРИЯ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

Программа обработки детали описывает движение определенной точки

оси инструмента, и эта точка называется – центром инструмента.

Центр инструмента - неподвижная относительно державки точка инструмента, по которой ведется расчет траектории.



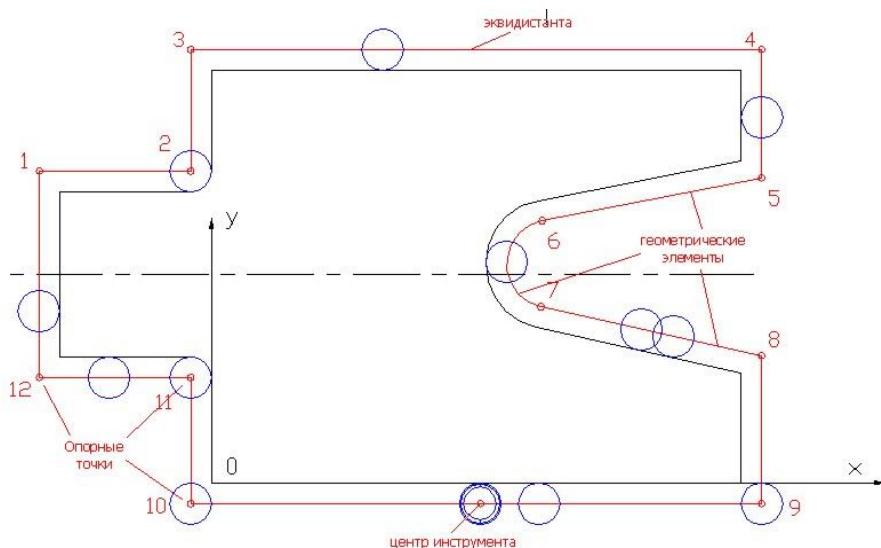
Для концевой фрезы со сферическим торцом — центр полусфера.

Для концевой цилиндрической фрезы и сверла — центр основания.

Для электроэрзационной обработки проволочкой — точка пересечения плоскости детали с осью проволочки,

Для резцов — центр дуги окружности при вершине.

Если принять во внимание, что радиус фрезы практически не изменяется во время обработки, то траектория является эквидистантой к контуру детали.



**Эквидистанта** – это линия, равноотстоящая от линии контура детали (заготовки). Эквидистанта практически всегда равна радиусу инструмента. Отдельные участки эквидистанты расположенные между двумя точками называются геометрическими элементами. Которыми могут быть отрезки прямых, кривые 2-го и высших порядков. Геометрические элементы соединяются пересечением или касанием. Конец одного геометрического элемента и начало другого дают опорную точку.

**Опорная точка** — точка расчетной траектории, в которой происходит изменение либо закона, описывающего траекторию, либо условий протекания технологического процесса (ТП).

Все элементы траектории вычерчиваются на чертеже детали, и этот чертеж называется **РТК**.

**Расчетно-технологическая карта (РТК)** — это основной документ, по которому производится составление и расчет программы.

**Исходная точка или нулевая точка программы** — точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по УП.

## РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ (РТК).

### **Порядок выполнения РТК**

**РТК** составляется технологом-программистом и содержит законченный проект обработки деталей на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями.

**Оформление РТК производится в следующей последовательности:**

1. Деталь желательно вычерчивается в **масштабе 1:1** и ориентируется относительно формата так же, как будет находиться вовремя обработки на станке с ЧПУ. Наносится **нулевая точка детали (W)** и ориентируется система координат.
2. Указываются используемые для **базирования плоскости** или какие либо другие **элементы базирования спец символами**. (Элементами базирования могут быть - отверстия в колодцах или приливах в которых можно просверлить отверстия. То в таком случае можно использовать два отверстия для базирования на двух пальцах (цилиндрический и ромбический (резанный)), если используется базирование по плоскостям, то применяются упоры.
3. Выбирается **исходная точка программы**, производится это двумя методами: 1)в зависимости от марки станка совмещается с **базовой точкой (R)**, или задаётся произвольно с учетом требований техники безопасности. Выставляются все **размеры от Нулевой точки детали** между **базами, центром приспособления и исходной точкой программы**.
4. Намечаются расположения **прижимов и зон крепления**, производится их **нумерация** в порядке их дальнейшей замены. Нумеруются элементы зажима двумя методами: 1)в порядке возрастания (1,2,3, ... 9 ...). 2)группами, по мере сменяемости (1 группа, 2 группа и т.д.).
5. **Задаются параметры применяемого инструмента** (номер инструмента в программе, его описание и код типа, материал инструмента, кодировка и ГОСТ или DIN инструмента, диаметр инструмента, радиус на торце, длина режущей части, количество зубьев у фрезы, режимы резания: обороты вращения шпинделя (в об/мин) и рабочая подача (мм/мин)). Тут же указывается тип патрона его ГОСТ или DIN, а также при необходимости размеры применяемых цанг и переходников. Выполняется описание, действий инструмента при обработки с необходимыми параметрами, выполняемыми в данном переходе. При необходимости

рисуются эскизы на специальные инструменты. Описываются, какие элементы крепежа (прижимы, прихваты) будут установлены и сняты.

**T01: Фреза концевая, 120, HSS, DIN844A 771020 (D=16, Lp=40, R=0, Z=4)**  
**Инструментальный патрон Q1Z850 SK30**  
**Установить деталь в тисы и базировать по пазам и упору.**  
**Обработать наружный контур предварительно с припуском 0,5мм, за 2 прохода.**  
**S=5000об/мин , Fr=1500 мм/мин, Fxx=6000мм/мин.**

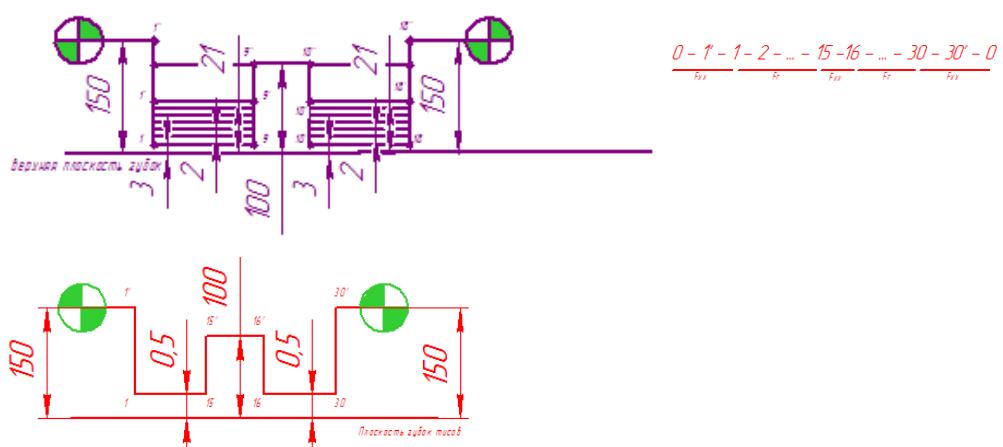
6. **Разными цветами** наносится траектория движения инструмента в плоскости XY. Началом и соответственно концом траектории является исходная точка программы. Траектория обработки наносится с учетом выбранной последовательности и параметров применяемого инструмента. На траектории отмечаются **все опорные точки и нумеруются** в порядке возрастания от 1 ... и.т.д. Нолем отсчета служит исходная точка программы. Проставляются **стрелки**, указывающие направление движения инструмента. Опорные точки отмечаются по геометрическим (в которых происходит изменение траектории) и технологическим параметрам (точки в которых производятся технологические команды). Обозначаются точки остановки, необходимые для перезажима и контроля детали (которые называются точками технологического останова). Для облегчения контроля за положением РО станка координаты исходной точки, контрольных точек, точек остановки, должен быть - целым числом.
7. Далее оформляется **диаграмма Z** в которой указывается **все движения** относительно оси Z (аппликата) **по всем опорным точкам**, указанным в плоскости XY. Составляется **путь инструмента** по опорным точкам и прописываются **режимы резания** по участкам обработки, а так же указываются ссылки на типовые технологические приемы, примененные в обработке.

T04 Фреза концевая 120 HSS DIN 327 В 773105 (D=16, Lp=30, R=0, Z=2)

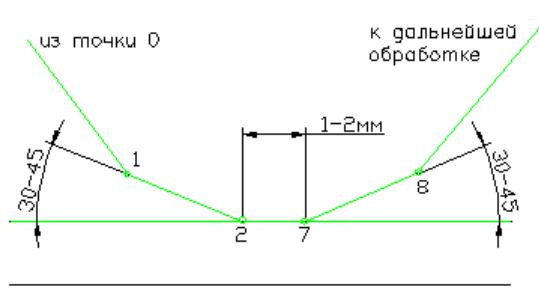
Инструментальный патрон Q12850

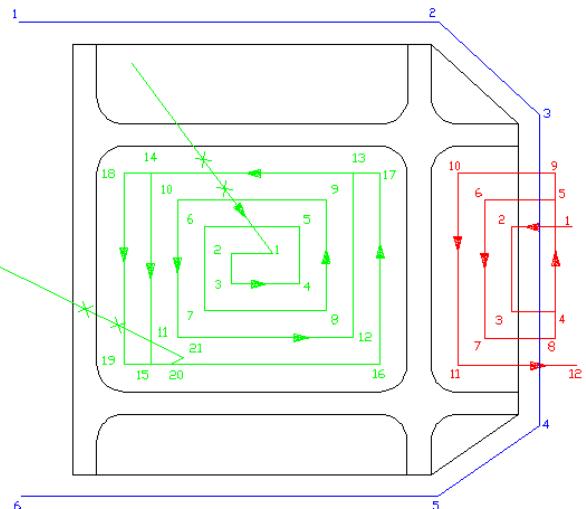
Фрезеровать контура и стеныки ребер предварительно с припуском 0,5 мм.

F<sub>r</sub>=1200 мм/мин, F<sub>xx</sub>=10000 мм/мин, S=4000 об/мин

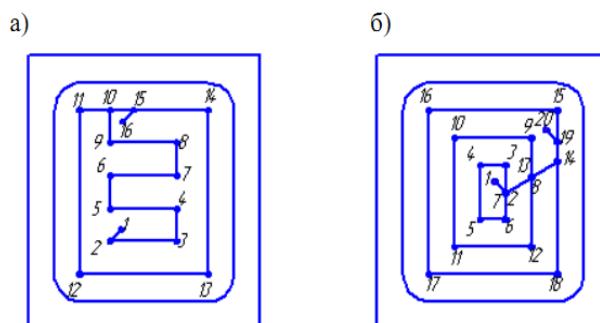


## Технологические особенности РТК.

1. **Подход и отход** инструмента от обрабатываемой поверхности должен осуществляться по специальным траекториям, обеспечивающим врезание **по касательной** (под углом к основной траектории от  $30^\circ$  до  $45^\circ$ ). Но наилучшим является подход **по дуге** к основной траектории обработки. Выполняется это во избежание **динамического удара** фрезой об деталь. Длина траектории **подхода** равняется от **2 до 5 мм** до края заготовки. Со своевременным переходом с холостого хода на рабочий производится за **5-10 мм** до края заготовки. **Перебег** обработки равен **1-2 мм**.
 
2. **Недопустима остановка фрезы** или **резкое изменение подачи** в процессе резания, когда режущие кромки соприкасаются с обрабатываемой поверхностью. В этом случае неизбежны повреждения поверхности. Перед остановкой, резким изменением подачи, подъемом или опусканием инструмента необходимо обеспечивать **отвод инструмента** под малым углом или по касательной.
3. Длина **холостого хода** (х.х.) должна быть **минимальна**. Холостые хода изображаются на РТК при помощи **стрелки и двух крестиков**.
4. С целью **недопущения коробления** детали и сохранения ее **жесткости**, обработка **окон** и **колодцев** должна начинаться с **середины**, а **ступов и карманов и полок** – с **крайних слоёв металла**. Последний **чистовой подход** должен быть со снятием припуска не > **0,2 диаметра** ( $\varnothing$ ) фрезы.



### Схемы разгрузки карманов:



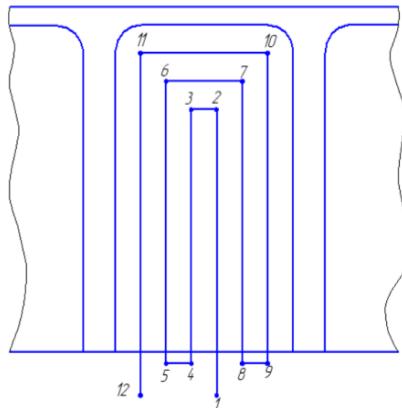
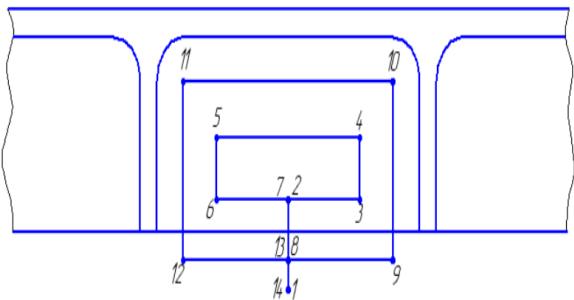
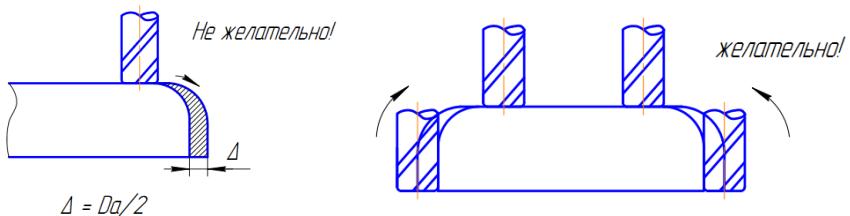
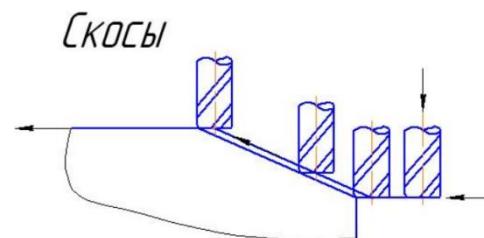


Схема обработки для узкого кармана:



В схеме для узкого кармана последний ход должен быть против часовой стрелки

5. **Врезание в карманы** должно производится по *горке*, если используется *двухходовая фреза* без центра. Или должна быть выполнена предварительная за сверловка большим диаметром, чем фреза для обработки (применяется, когда используются *трехходовые и более фрезы* без центра).
6. Для выполнения *попутного фрезерования наружный контур* должен обрабатываться по *часовой стрелке*, а внутренний *против часовой стрелки*.
7. Траектория обработки *торцов ребер* должна строиться так, чтобы *фрезерование наклонных ребер и радиусов* производилось с *подъемом инструмента*.



8. В связи с резким *изменением припуска* и мгновенной остановки фрезы при *обработке внутренних углов* на поверхности детали могут появляться *дефекты* в виде уступов и выемок, так называемые зарезы. Для их предотвращения необходимо ввести следующее:
  - а) при небольших усилиях резания ввести *торможение* до скорости в **2 – 3 раза меньше чем рабочая** на длине **5 – 10 мм** перед точкой измерения направления движения.
  - б) при более **тяжелых условиях фрезерования** ввести *обкатку* внутренних углов по *дуге* с радиусом **0,5 мм**, используя фрезу меньшего диаметра  $\varnothing$ , или *срезать угол* на **0,5 – 1 мм**, используя *фрезу номинального  $\varnothing$* .
  - в) ввести *черновую обработку контура* с составлением припуска в *углах 1,5 – 2 мм*.

**Исходные данные (задание):**

Разработать расчетно-технологическую карту для обработки корпусной детали на станке с программным управлением

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно ознакомиться с теоретическим материалом
2. Создать трехмерную модель детали с использованием САПР «КОМПАС»
3. С полученной трехмерной модели получить необходимые виды и начать проектирование РТК в системе «КОМПАС».
4. Указать используемые для базирования плоскости или другие элементы базирования.
5. Выбрать положение исходной точки обработки (в зависимости от марки выбранного оборудования).
6. Нанести на чертеж все размеры, необходимые для дальнейшего программирования управляющей программы. Нулевая точка, базы, центр стола обязательно связываются размерами.
7. Наметить расположение прижимов и зон крепления, произвести их нумерацию в порядке их дальнейшей замены.
8. Задать параметры выбранного инструмента (диаметр, радиус на торце, длина режущей части, количество зубьев у фрезы, частоту вращения и его цвет), выполнить описание содержания перехода. Описать, какие прижимы (прихваты) будут установлены.
9. Вычертить траекторию движения инструмента цветом, выбранным для инструмента в плоскости ХУ. Началом и соответственно концом траектории является исходная точка обработки. Траектория обработки наносится с учетом выбранной последовательности и параметров применяемого инструмента. На траектории отмечаются все опорные точки и нумеруются в последовательности от 1 ... и.т.д., ставятся стрелки, указывающие направление движения. Опорные точки отмечаются по геометрическим (в которых происходит изменение траектории) и технологическим параметрам (точки в которых производятся технологические команды).
10. Оформить диаграмму Z в следующем порядке: Вычерчивается траектория движения инструмента относительно оси Z (все подъемы и опускания инструмента в опорных точках в плоскости ХУ). Проставляются режимы резания по участкам обработки (Px-рабочий ход, Xx-холостой ход, а также указываются ссылки на типовые технологические приемы, примененные в обработке.)
11. Сохранить файл
12. Проверить работу, распечатать ее и предоставить на проверку преподавателю в установленный срок.

**Перечень оборудования: (ТСО, наглядные пособия)**

ПК преподавателя, проектор, интерактивная доска, ПК студенческие.  
Комплект наглядных пособий: комплект электронных моделей корпусных

деталей, чертежей деталей в электронном виде

### **Вопросы для повторения:**

1. Расчетно-технологическая карта – определение
2. Эквидистанта – определение
3. Геометрическая опорная точка – определение
4. Технологическая опорная точка – определение
5. Нулевая точка программы – определение

### **Литература:**

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б.М. Базров. - 2-е изд. (1-е изд. 2005г.). - М. : Машиностроение, 2007. - 736 с.
2. Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД) : учебник для НПО / А.П. Ганенко, Лапсарь М.И.. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2008. - 352 с.
3. Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверильно-фрезерных-расочных станков и числовым программным управлением : справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред. В.И. Гезеева. - 2-е изд.. - М. : Машиностроение, 2007. - 368 с.
4. Григорьев С.Н. Инструментальная остинаска для станков с ЧПУ : справочник / С.Н. Григорьев, М.В. Кохановский, А.Р. Маслов; под ред. А.Р. Маслова. - М. : Машиностроение, 2006. - 544 с.
5. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения : учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. - 860 с.
6. Куликов В.П. Стандарты инженерной графики : учебное пособие / В.П. Куликов. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2007. - 240 с.
7. Куликов В.П. Инженерная графика : учебник для ссузов / В.П. Куликов, А.В. Кузин. - 3-е изд., испр. - М. : ФОРУМ, 2009. - 366 с.
8. Нефёдов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах : учебное пособие для техникумов / Н.А. Нефёдов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш.шк, 1986. - 239 с.
9. Обработка металла резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 656 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1986. - 496 с.