



---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**  
**(БГТУ)**

---

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО  
БГТУ  
О.Н. Федонин  
«29» апреля 2022 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
по выполнению практических занятий  
по МДК01.01. «Технологические процессы изготовления деталей  
машин»  
профессионального модуля  
**ПМ.01. Разработка технологических процессов изготовления  
деталей машин**

|  |   |
|--|---|
| Специальность:   | <b>15.02.08 Технология машиностроения</b>     |
| Уровень образования выпускника:                                      | среднее профессиональное образование<br>(СПО) |
| Программа подготовки специалиста<br>среднего звена (ППССЗ):          | базовая                                       |
| Присваиваемая квалификация:  | Техник-технолог                               |
| Форма обучения:  | очная   |
| Срок получения СПО по ППССЗ:   | 3 года 10 месяцев                             |
| Уровень образования, необходимый<br>для приема на обучение по ППССЗ: | основное общее образование                    |
| Год приема на обучение на 1-й курс:                                  | 2022  |

Брянск 2022

**Методические рекомендации** по выполнению практических занятий  
по МДК01.01. «Технологические процессы изготовления деталей машин»  
профессионального модуля

**ПМ.01. Разработка технологических процессов изготовления деталей  
машин**

для специальности 15.02.08 Технология машиностроения

Разработал:

– преподаватель ПК БГТУ

Л.М.Курашова

МР рассмотрены и одобрены на заседании  
предметно-цикловой комиссии «Технология  
машиностроения» ПК БГТУ

от «29» апреля 2022 г., протокол № 9

Председатель ПЦК

Л.М.курашова

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ  
по учебно-методической работе

Т.Е.Балашова

© Л.М.Курашова

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |            |
|---|------------|
| <b>Аннотация к рабочей программе</b>  | <b>3</b>   |
| <b>Практическое занятие №1</b> Выбор исходной заготовки и её конструирование, определение нормы расхода материала и себестоимости заготовки               | <b>6</b>   |
| <b>Практическое занятие №2</b> Расчет минимальных и максимальных припусков заготовки, расчет исходных размеров на неё                                     | <b>18</b>  |
| <b>Практическое занятие №3</b> Разработать технологический процесс механической обработки детали типа «Вал» в условиях серийного производства             | <b>27</b>  |
| <b>Практическое занятие №4</b> Разработать технологический процесс механической обработки детали типа «Фланец» в условиях серийного производства          | <b>102</b> |
| <b>Практическое занятие №5</b> Разработать технологический процесс механической обработки детали типа «Зубчатое колесо» в условиях серийного производства | <b>168</b> |

## АННОТАЦИЯ

Настоящие методические указания предназначены для изучения ПМ.01. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин, МДК.01.01 Технологические процессы изготовления деталей машин и составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.08 «Технология машиностроения».

Цель методических указаний - помочь студентам выполнять практические занятия, самостоятельно пользоваться дополнительной и справочной литературой, они помогут студентам ответить правильно на поставленные вопросы и закрепить приобретенные знания.

Для каждого практического занятия определены тема, цель, содержание и порядок выполнения, указан перечень необходимых средств материального обеспечения .

Целью практических занятий является закрепление и углубление знаний, полученных студентами при теоретическом изучении материала, а также их практическое применение.

Завершающим этапом выполнения практического занятия является составление отчета каждым студентом и его защита у преподавателя.

К практическому занятию предъявляется ряд требований, основным из которых является описание всей проделанной работы, позволяющее судить о полученных результатах, степени выполнения заданий и профессиональной подготовке студентов. Требования по содержанию отчета приведены в методических указаниях, в описании практических работ. В выводах по выполненной работе кратко излагаются результаты работы.

Отчет по практическому занятию оформляется на бумаге стандартного формата А4 с обязательным оформлением основных надписей.

Все работы в конце семестра сшиваются в скоросшивателе.

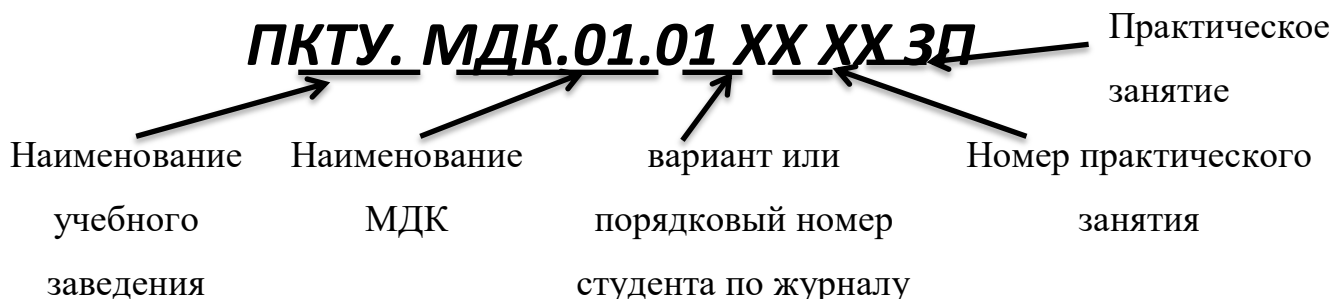


## ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Перед выполнением практического занятия студент должен:

- Изучить теоретическую часть темы с помощью учебника и конспекта.
- Выполнить задание для самостоятельной работы, которые предусмотрены в данной части изучаемой дисциплины.
- Подготовить к выполнению практической работы все необходимые материалы (листы формата А4, калькулятор, чертежи деталей, заготовок...).
- После выполнения практической работы проверить расчеты и оформить отчет по работе в соответствии с требованиями ЕСКД и методическими указаниями по оформлению практических работ, утвержденных руководством колледжа.

На каждом листе работы должен быть указан шифр работы специальным шрифтом в соответствии с требованиями ЕСКД.



Сдать отчет преподавателю в срок, который предусмотрен в соответствии с учебной программой и графиком.

После выполнения практического занятия студент должен ее защитить устно или в письменной форме (опрос, диктант, тестирование)

## **Оценка умений выполнять расчетные задания (практические работы).**

**Оценка «5» отлично:** в логическом рассуждении и решении нет ошибок, расчеты выполнены правильно; отчет оформлен аккуратно, в полном объеме, с выполнением всех необходимых схем или рисунков.

**Оценка «4» хорошо:** в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, но задача решена неверно или допущено не более двух несущественных ошибок; отчет оформлен аккуратно, но выполнены не все схемы или рисунки .

**Оценка «3» удовлетворительно:** в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах; отчет оформлено не аккуратно и в неполном объеме, отсутствуют нужные схемы или рисунки.

**Оценка «2» неудовлетворительно:** есть существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении;  
нет всех нужных схем или рисунков.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

**1. Тема работы:** «Выбор исходной заготовки, её конструирование, определение нормы расхода материала и себестоимости изготовления заготовок».

**2. Цель работы:** Приобретение практических навыков в выборе вида и метода получения заготовки для заданной детали с технико-экономическим обоснованием её выбора; подготовка к курсовому проектированию по МДК01.01 «Технологические процессы изготовления деталей машин».

### **3. Материальное обеспечение.**

Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Исходные данные по материалу и т.п.

3.3. Сведения о серийности производства.

3.4. Нормативно-справочная литература.

3.5. Чертежные принадлежности.

3.6. Микрокалькуляторы.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к лабораторной работе № 1.**

4.1. Справочник технолога-машиностроителя (том 1 под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мищерекова, М., Маш., 1986г.)

4.2. Методическая разработка для организации самостоятельной работы студентов по выбору метода получения заготовки.

4.3. ГОСТ 7505 - 85; ГОСТ 2590 - 80; ГОСТ 7062 - 79; ГОСТ 26645 - 85.

## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия № 1**

Выбор вида заготовки определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями и размерами, типом производства, а также экономичностью изделия.

Выбрать заготовку - значить:

- Определить химический состав и механические свойства материала детали;
- Установить способ получения заготовки;
- Определить общие припуски на обработку поверхностей детали;
- Рассчитать размеры заготовки и установить допуски на неточность изготовления;
- Рассчитать массу заготовки.
- Определить коэффициент использования материала и сравнить его с нормативным;
- Вычертить эскиз заготовки.

При правильно выбранном способе получения заготовки уменьшается трудоемкость механической обработки, сокращается расход материала, электроэнергии, высвобождается оборудование и производственные площади. При выборе заготовки необходимо принимать наиболее прогрессивные методы получения, не забывая об экономической целесообразности.

Устанавливая способ получения заготовки необходимо привести обоснование своего выбора, преимущества выбранного способа получения перед возможными на основании принципа малоотходной технологии.

Для определения размеров заготовки на все обрабатываемые поверхности детали назначаются припуски.

Припуски назначаются по нормативным данным:

ГОСТ 2590-80 - для проката

ГОСТ 7505-85- для штампованных заготовок

ГОСТ 7062-79 - для заготовок, получаемых свободной ковкой

ГОСТ 26645-85 - для стального и чугунного литья

## **6. Порядок выполнения работы:**

**6.1 Анализируя исходные данные**, следует обратить внимание на материал детали и его технологические свойства (литейные, обрабатываемость давлением и резанием и др.), связать свойства материала с техническими требованиями к детали по прочности и твердости, с формой, габаритами и массой детали (сложность формы, наличие отверстий, наличие поверхностей, требующих многократной обработки из-за высокой точности размера и малой шероховатости).

Следует также уяснить тип производства, т. к. этот фактор существенно влияет на выбор вида исходной заготовки по способу её изготовления (поковка штампованная или свободно кованная; вид проката и др.).

**6.2. Выбирается два возможных варианта исходных заготовок** на основании материала детали, её конфигурации, типа производства. Данный выбор должен быть обстоятельно обоснован; должны быть также обстоятельно изложены способы изготовления этих двух заготовок и приложены поясняющие эскизы.

### **6.3.Определение размеров исходной заготовки с допусками**

Для полый цилиндрической детали (рис 1) используются формулы:

– Для наружной поверхности:  $d_o = d_d + 2\text{Побщ } d_i$  (1)

– Для внутренней поверхности:  $D_o = D_d - 2\text{Побщ } D_i$  (2)

– Для одинаково обрабатываемых торцов детали:  $L_o = L_d + 2\text{Побщ } T$  (3)

– При неодинаково обрабатываемых торцах:  $L_o = L_d + \text{Побщ } T_2 + \text{Побщ } t_1$  (4)

Где размеры с индексом «0» относятся к исходной заготовке, а с индексом «д» - к готовой детали;

2Побщ - общий припуск на диаметр или на обе стороны.

Побщ - общий припуск на механическую обработку.

Допускаемые отклонения параметров исходной заготовки устанавливаются по соответствующим стандартам.

**6.4. Конструирование двух вариантов заготовок**, включая разработку технических требований производится также в соответствии с теми же стандартами.

**6.5. По каждому из двух вариантов исходных заготовок** вначале определяются объёмы, а затем массы заготовок. При этом используются следующие формулы:

Формула объёма цельной цилиндрической поверхности:

$$V = (\pi * d_o^2 * L_o) / 4, \text{ см}^3 \quad (5)$$

Где  $d_o$  - наружный диаметр заготовки, см;

$L_o$  - длина заготовки, г/см<sup>3</sup>;

Масса заготовки определяется по формуле:

$$M_o = V_o * \gamma, \text{ (кг)}, \quad (6)$$

где  $V_o$  - объем заготовки, см<sup>3</sup>

ПРИМЕЧАНИЕ: Удельная плотность стали –  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$

Удельная плотность чугуна –  $\gamma = 7,4 \text{ г/см}^3$

**6.6. Коэффициент использования материала** определяют по формуле:

$$K_{и. м.} = m_d / m_o \quad (7)$$

Где  $m_d$  - масса детали, кг;

$m_o$  - масса заготовки, кг.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** оптимальное значение коэффициента использования материала находится в пределах 0,6... 0,8.

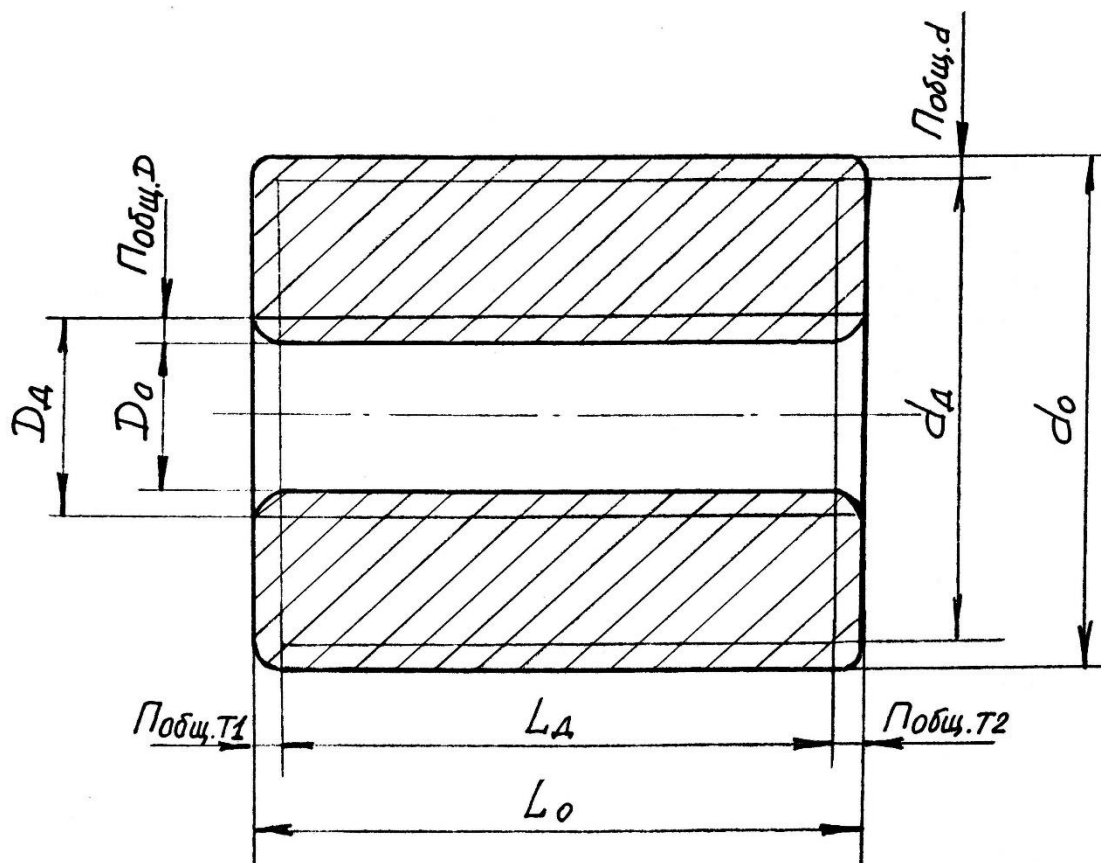


Рисунок 1 - Эскиз полый цилиндрической детали.

### 6.7. Определение стоимости штучной исходной заготовки.

Стоимость исходной заготовки и коэффициент использования материала являются одним из главных показателей правильности технико-экономических решений, принятых при проектировании технологического процесса.

При выполнении этой части работы используются данные из заводских прейскурантов, которые каждый год обновляются и рекомендуются для выполнения курсовых работ.

Стоимость исходной заготовки определяется по формуле:

$$So = (Co*mo)/1000 - (mo - md)*Cотх/1000; руб \quad (8)$$

Где  $Co$  - стоимость одной заготовки на ЗАО УК БМЗ, руб.

$Cотх$  - стоимость одной тонны отходов, руб

$mo$  - масса заготовки, кг.

$md$  - масса детали, кг.

**6.8. Полученные результаты по 2-ум вариантам заготовок сводятся в таблицу сравнительных показателей (см. табл. 1)**

Таблица 1 - Сравнительная

| Вид заготовки | Ки. м. | So, руб |
|---------------|--------|---------|
|               |        |         |
|               |        |         |

## 6.9. Выводы и предложения.

Необходимо оценить расчёты, выполненные в данной работе и сделать необходимые выводы о том, какой же вариант из двух является наиболее экономичный с точки зрения принципа малоотходной технологии, т. к. именно с этих позиций прежде всего выбирается оптимальная заготовка (даже если мы проигрываем в стоимости заготовки).

Следует также изложить свои соображения по улучшению качества исходной заготовки и указать перспективные способы получения более совершенных видов исходной заготовки для рассматриваемой стали, их достоинства и недостатки.



## **7. Вопросы для самопроверки**

7.1. Перечислите основные виды заготовок, применяемые в машиностроении.

7.2. Какие вы знаете способы получения отливок из черных и цветных металлов.

7.3. Как называется основной показатель, характеризующий экономичность выбора заготовки.

7.4. Основные требования к заготовкам.

7.5. Что значит правильно выбрать заготовку?

## **8. Домашнее задание:**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 1.

8.2. Подготовиться к сдаче отчета.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

8.4. Комплект лекций.

## **9. Схема отчета:**

Практическое занятие № 1

Тема работы:

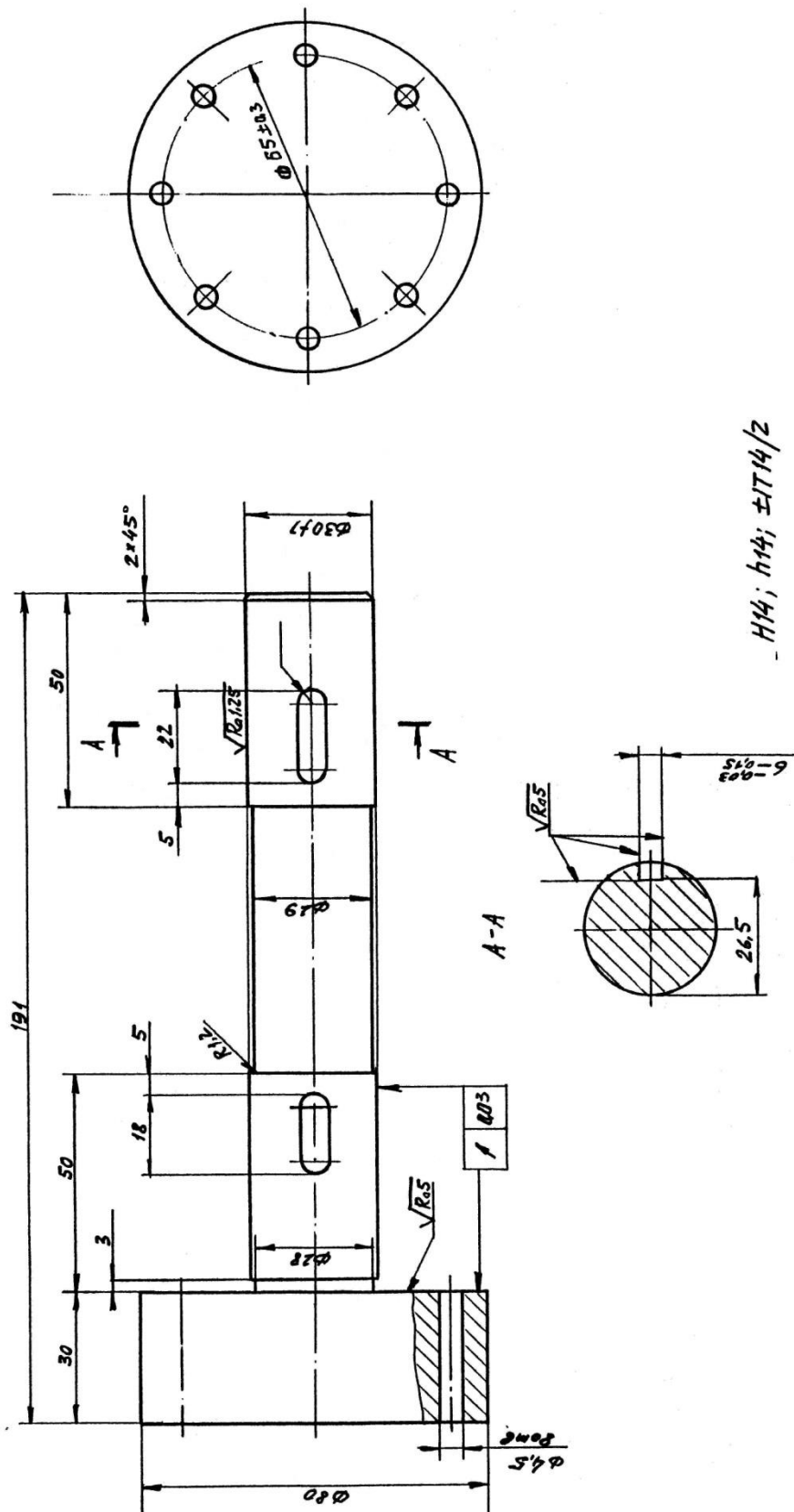
Цель работы:

Материальное обеспечение:

Отчет по лабораторной работе №1 (оформляется в соответствии с п. 6 методических указаний).

Вывод.

$\sqrt{R_{0.10}(\sqrt{V})}$



- H14; h14;  $\pm IT14/2$

Рисунок Эскиз детали.

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ №1

### 1.Выбор исходной заготовки и её конструирование.

В машиностроении применяют различные виды заготовок: прокат, отливки, поковки, штамповки, сварные конструкции и другие виды заготовок.

Для заданной детали «Вал» одним из возможных вариантов заготовки может быть предложена заготовка - прокат круглый (см. рисунок 1). Другим вариантом заготовки для заданной детали может быть заготовка-поковка, штампованная на горизонтально-ковочной машине (ГКМ) (см. рисунок 2).

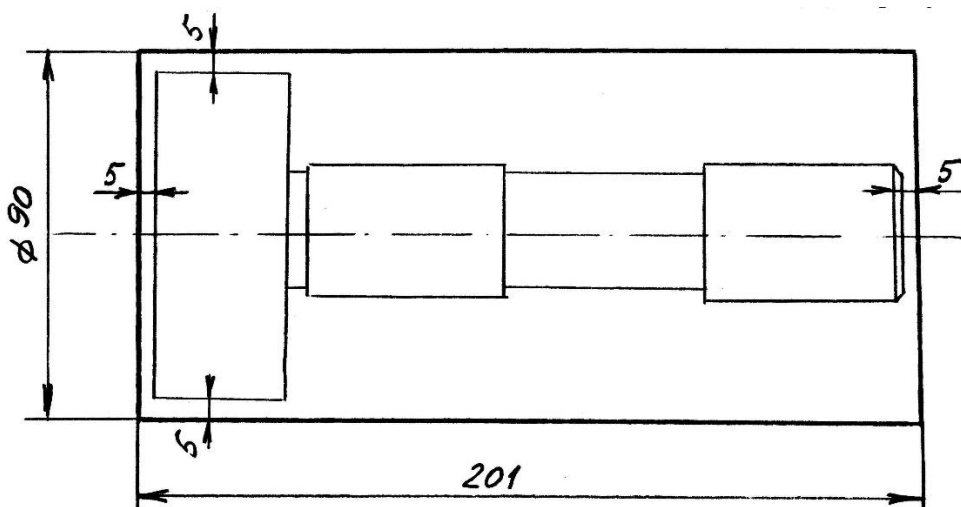


Рисунок 1 – Заготовка – прокат круглый

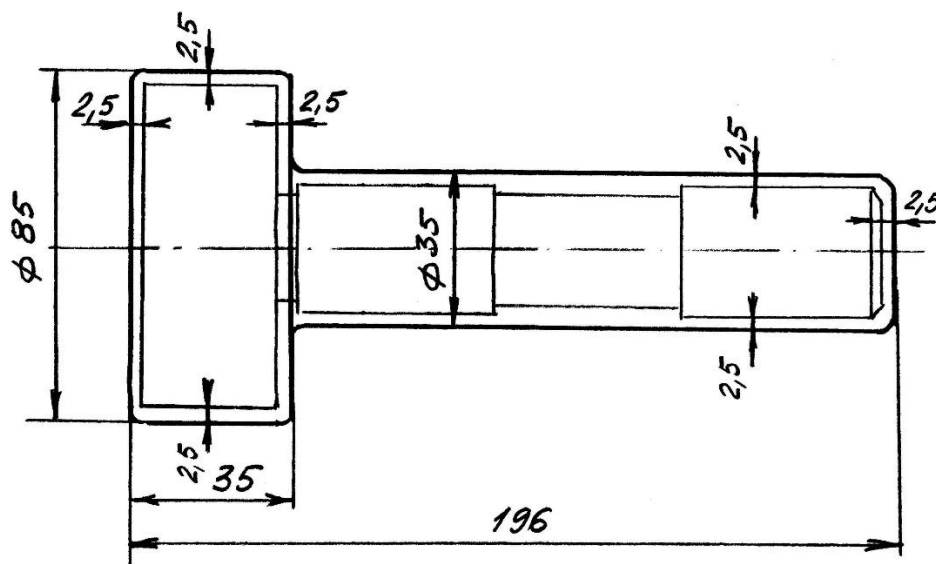


Рисунок 2 – заготовка – поковка, штампованная на ГКМ

1) Заготовка – прокат круглый.

Определение объема заготовки  $V_{з1}$ :

$$V_{з1} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \ell, \text{ см}^3 \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр заготовки, см

$\ell$  - длина заготовки, см

$$V_{з1} = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} \cdot 20,1 = 1278 \text{ см}^3$$

Определение массы заготовки  $m_{з1}$ :

$$m_{з1} = V_{з1} \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (2)$$

где  $\gamma$  – удельная плотность материала, г/см<sup>3</sup>

(для стали 25 –  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ )

$$m_{з1} = 1278 \cdot 7,85 = 10032 \text{ г} \approx 10 \text{ кг}$$

Определение коэффициента использования материала  $K$  и. м 1

$$K_{\text{и.м}1} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{з1}} \quad (3)$$

где  $m_{\text{д}}$  - масса детали, кг

(в соответствии с исходными данными  $m_{\text{д}} = 2,1 \text{ кг}$ )

$$K_{\text{и.м}1} = \frac{2,1}{10} = 0,21$$

Стоимость получения заготовки  $S1$ :

$$S_1 = \frac{C_1}{1000} \cdot m_{31} - (m_{31} - m_{\varnothing}) \cdot \frac{C_{\text{отх}}}{1000}, \text{руб} \quad (4)$$

где  $C_1$  - стоимость 1 тонны проката, руб.

( $C_1 = 24100$  руб/т - на ЗАО «УК «БМЗ» на 01.01.11)

$C_{\text{отх}}$  – стоимость 1 тонны отходов, руб.

( $C_{\text{отх}} = 510$  руб/т на ЗАО «УК «БМЗ» на 01.01.11)

$$S_1 = \frac{24100}{1000} \cdot 10 - (10 - 2,1) \cdot \frac{510}{1000} = 237 \text{руб}$$

2) Заготовка – штамповка на ГМК

Определение объема заготовки  $V_{32}$ :

$$V_{32} = V_1 + V_2, \text{см}^3 \quad (5)$$

где  $V_1$  – объем первого элемента заготовки (цилиндра),  $\text{см}^3$

$V_2$  – объем второго элемента заготовки (цилиндра),  $\text{см}^3$

$$V_{32} = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot \ell_1 + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot \ell_2 = \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 3,5 + \frac{3,14 \cdot 3,5^2}{4} \cdot 16,1 = 353,3 \text{см}^3$$

Определение массы заготовки  $m_{32}$ :

$$m_{32} = V_{32} \cdot \gamma = 353,3 \cdot 7,85 = 2773 \text{г} \approx 2,8 \text{ кг}$$

Определение коэффициента использования материала  $K_{\text{и.м} 2}$ :

$$K_{\text{и.м} 2} = \frac{m_{\varnothing}}{m_{32}} = \frac{2,1}{2,8} = 0,75$$

Стоимость получения заготовки  $S_2$ :

$$S_2 = \frac{C_2}{1000} \cdot m_{32} - (m_{32} - m_{\varnothing}) \cdot \frac{C_{\text{отх}}}{1000}, \text{руб} \quad (6)$$

где С2 - стоимость 1 тонны штамповки, руб.

(С2 = 55100 руб/т - на ЗАО «УК «БМЗ» на 01.01.11)

$$S_2 = \frac{55100}{1000} \cdot 2,8 - (2,8 - 2,1) \cdot \frac{510}{1000} = 154 \text{руб}$$

Таблица 1 – Сравнительная

| Вид заготовки | Ки.м | S, руб |
|---------------|------|--------|
| Прокат        | 0,21 | 237    |
| Штамповка     | 0,75 | 154    |

Вывод: Сравнительная таблица показывает, что выбранный вариант заготовки в виде штамповки на ГКМ наиболее предпочтителен, т.к. у нее коэффициент использования материала выше, а себестоимость получения заготовки - ниже, чем у проката.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2**

**1. Тема работы:** «Расчет минимальных и максимальных припусков заготовки, расчет исходных размеров на неё».

**2. Цель работы:** Приобретение практических навыков в расчете минимальных и максимальных припусков заготовки и в расчете исходных размеров на неё; подготовка к курсовому проектированию по МДК01.01 «Технологические процессы изготовления деталей машин».

### **3. Материальное обеспечение.**

Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Исходные данные по материалу и т.п.

3.3. Сведения о серийности производства.

3.4. Нормативно - справочная литература.

3.5. Чертежные принадлежности.

3.6. Микрокалькуляторы.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию № 2.**

4.1. Справочник технолога - машиностроителя ( том 1 под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мищерекова, М., Маш., 1986г.)

4.2. Методическая разработка для организации самостоятельной работы студентов по расчёту припусков на заготовку.

4.3. ГОСТ 7505 - 85; ГОСТ 2590 - 80; ГОСТ 7062 - 79; ГОСТ 26645 - 85.

## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия № 2**

### **Общие понятия и определения**

Припуском на обработку называется слой материала, снимаемый с поверхности заготовки для доведения ее до размеров готовой детали. Различают припуски общие и промежуточные (межоперационные).

Промежуточным припуском называется слой металла, снимаемый при выполнении данной операции.

Общим припуском называется слой металла, который снимается на всех операциях. Он равен сумме промежуточных припусков.

Величина припуска существенно влияет на экономичность технологического процесса. Увеличение припуска вызывает дополнительные затраты материала, труда и электроэнергии, увеличивает загрузку и нагрузку станков. Однако чрезмерное уменьшение припусков нежелательно, так как при этом увеличивается вероятность получения брака, обусловленного наличием поверхностных дефектов. Оптимальными являются припуски, обеспечивающие устойчивую работу по производству деталей при высоком качестве и с наименьшей себестоимостью.

Припуски могут быть симметричными и асимметричными. Асимметричные припуски назначают в том случае, если условия изготовления заготовки не обеспечивают одинакового качества материала и шероховатости по всей поверхности заготовки.

При определении припусков необходимо учитывать точность изготовления или промежуточной обработки заготовки - допуски на размеры заготовки, которые должны обеспечивать стабильность установки детали и условий обработки и в то же время должны быть достаточно большими, чтобы не усложнять и не повышать стоимость изготовления детали. При выборе величины припусков на обработку следует исходить из того, что припуски должны быть:

- а) достаточными для получения заданных размеров и формы детали;



б) минимальными для сокращения расхода металла и снижения затрат на обработку.

При этом необходимо учитывать материал, из которого изготавливаются детали; размеры и форму деталей; способы получения заготовок и точность их изготовления; точность и шероховатость поверхностей обрабатываемых деталей; деформацию деталей при термической обработке, возможность и точность правки; величину дефектного слоя поверхности заготовки; возможные погрешности установки детали при обработке.

Для определения размеров заготовки на все обрабатываемые поверхности детали назначаются припуски.

Припуски назначаются по нормативным данным:

ГОСТ 2590-80 - для проката

ГОСТ 7505-85- для штампованных заготовок

ГОСТ 7062-79 - для заготовок, получаемых свободной ковкой

ГОСТ 26645-85 - для стального и чугунного литья

## **6. Порядок выполнения работы:**

**6.1 Анализируя исходные данные,** следует обратить внимание на материал детали и его технологические свойства (литейные, обрабатываемость давлением и резанием и др.), связать свойства материала с техническими требованиями к детали по прочности и твердости, с формой, габаритами и массой детали (сложность формы, наличие отверстий, наличие поверхностей, требующих многократной обработки из-за высокой точности размера и малой шероховатости).

**6.2. Выбор общих припусков и расчет размеров заготовки и допускаемых отклонений** по ГОСТ 7505-89; ГОСТ 26645-85; ГОСТ 2590-80; ГОСТ 7062-79. Для расчёта размеров заготовки необходимо определить общие припуски на механическую обработку и прибавить их к размерам поверхностей

готовой детали для наружных поверхностей или вычесть – внутренних поверхностей. Общие припуски и допускаемые отклонения на отливки, поковки и прокат определяются по таблицам соответствующих стандартов.

**6.3. По данным расчёта общих припусков выполняем чертеж заготовки.**

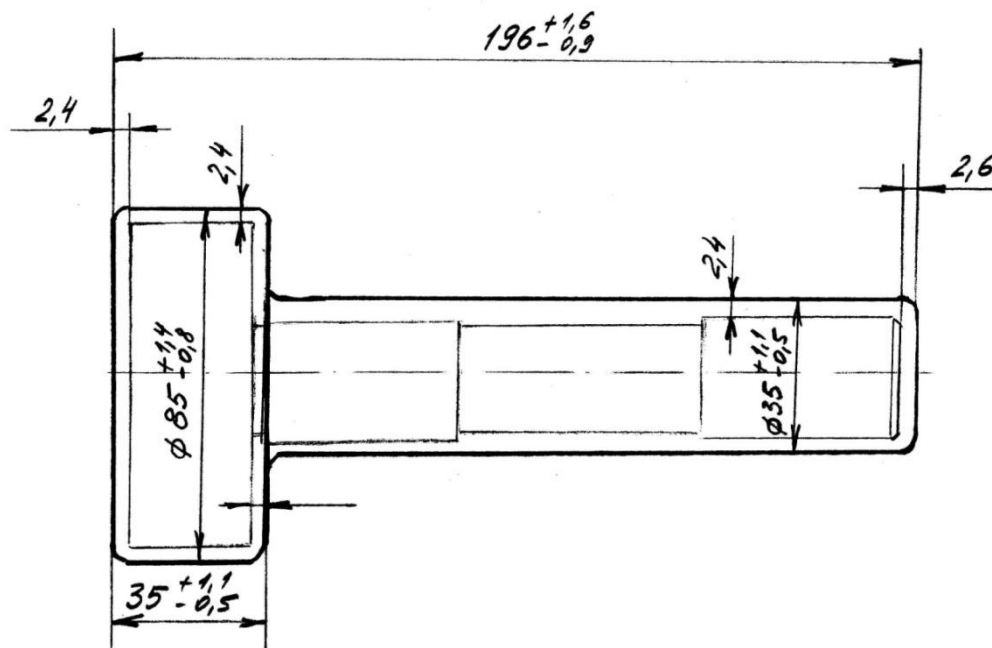


Рисунок 1 – Эскиз заготовки - штамповки

## 7. Вопросы для самопроверки

- 7.1. Дать определение понятию «Припуск на механическую обработку».
- 7.2. Виды припусков.
- 7.3. Факторы, влияющие на величину припуска.
- 7.4. Как определяется общий припуск на обработку наружной поверхности?
- 7.5. Как определяется общий припуск на обработку внутренней поверхности?
- 7.6. Как образуются расчетные и исполнительные размеры заготовки?
- 7.7. Как определяются допускаемые отклонения по соответствующим стандартам.

## **8. Домашнее задание:**

8.1. Закончить оформление отчета по лабораторной работе № 2.

8.2. Подготовиться к сдаче отчета.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

8.4. Проработать комплект лекций.

## **9. Схема отчета:**

Практическое занятие № 2

Тема работы:

Цель работы:

Материальное обеспечение:

Отчет по практическому занятию № 2 ( оформляется в соответствии с п.6 методических указаний).

Вывод.

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ № 2**

### **1.Выбор вида и обоснования способа получения заготовки**

От величины припуска на механическую обработку, которая неодинакова для различных видов исходных заготовок для одной и той же детали, зависит в большей мере себестоимость механической обработки.

Чем больше исходная заготовка по форме и размерам приближена к форме и размерам готовой детали, тем меньше потребуется затрат времени и средств на её обработку.

Наибольшее влияние на выбор вида исходной заготовки оказывают материал, размеры, форма детали и тип производства.

Из применяемых в машиностроении заготовок (проката, отливок и поковок) в качестве заготовки данной детали, учитывая, что материал детали - сталь 20Х ГОСТ 4543 - 71, тип производства серийный, принимаем заготовку – поковку по ГОСТ 7505 – 89, выполненную на кривошипном горячештамповочном прессе. Нагрев заготовок индукционный.

### **2.Выбор общих припусков и расчёт размеров заготовки и допускаемых отклонений по ГОСТ 7505 – 89**

#### **2.1. Исходные данные для расчёта**

2.1.1. Масса поковки (расчётная) – расчётный коэффициент  $K_p = 1,5$   
[ГОСТ 7505- 89, с.31]

$$m_p = m_q \cdot K_p \quad (1)$$

где  $m_q$  – масса детали, кг ( $m_q = 2,1\text{кг}$ )

$$m_p = 2,1 \cdot 1,5 = 3,15\text{кг}$$

2.1.2. Класс точности – Т4 [ГОСТ 7505- 89, с.28]

2.1.3. Группа стали – М1 [ГОСТ 7505- 89, с.8]

2.1.4. Степень сложности – С2 [ГОСТ 7505- 89, с.30]

Размеры, описывающие поковку фигуры (цилиндр), мм:

- диаметр – 84 (80×1,05)

- длина – 200,55 (191×1,05)

(где 1,05 – коэффициент)

Масса описывающей фигуры (расчётная) – 8,72кг.

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \ell = \frac{3,14 \cdot 8,4^2}{4} \cdot 20,055 \cdot 7,85 = 8,72 \text{ кг}$$

$$m_p : m_{\phi} = 3,15 : 8,72 = 0,36$$

2.1.5. Конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская)

2.1.6. Исходный индекс – 11 [ГОСТ 7505- 89, с.10]

Допуск смещения – 0,3 [ГОСТ 7505- 89, с.14, т.4]

Допуск коробления – 0,5 [ГОСТ 7505- 89, с.14, т.5]

Расчет общих припусков и допусков сводим в таблицу 1.

Таблица 1.

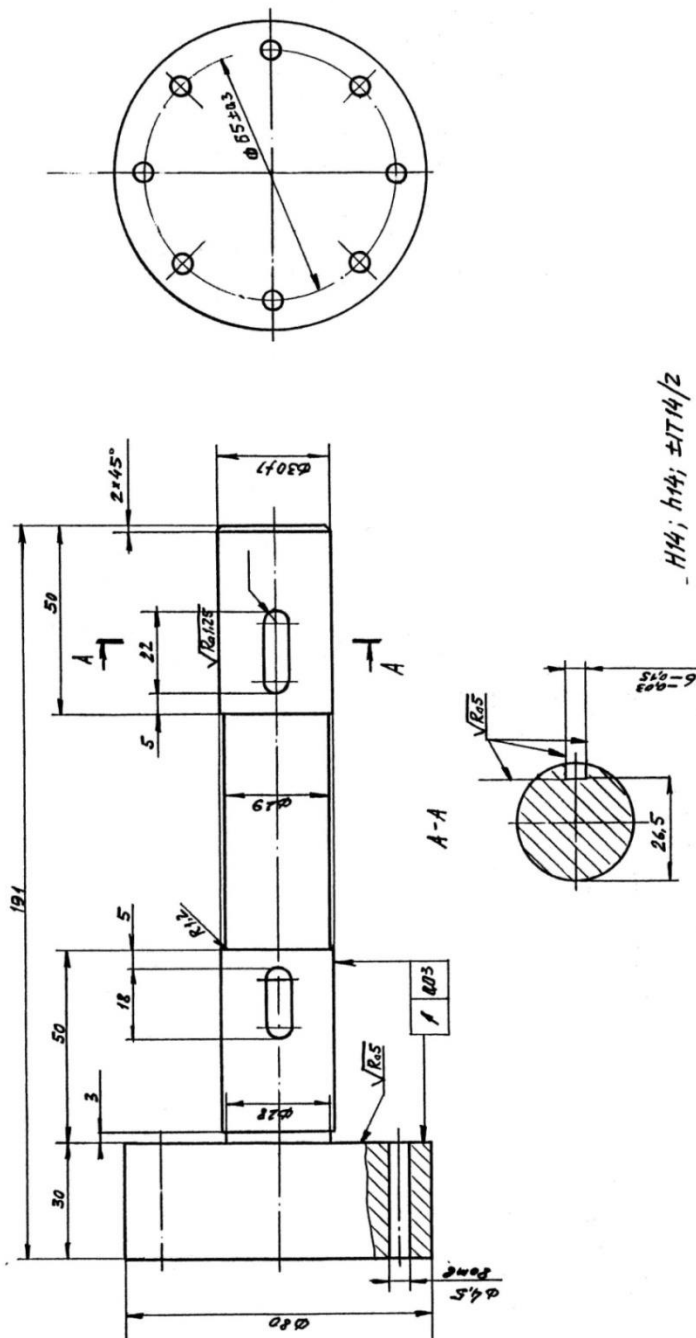
| Размер поверхности             | Шероховатость Ra, мкм | Общий припуск на обработку, мм | Размеры заготовки, мм |                                |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                |                       |                                | расчетные             | исполнительные                 |
| 1                              | 2                     | 3                              | 4                     | 5                              |
| Диаметральные размеры:<br>Ø 80 | Ra 10                 | $(1,6 + 0,3 + 0,5) \times 2$   | Ø 84,8                | $\varnothing 85^{+1,4}_{-0,8}$ |
| Ø 30f7                         | Ra 1,25               | $(1,6 + 0,3 + 0,5) \times 2$   | Ø 34,8                | $\varnothing 35^{+1,1}_{-0,5}$ |
| Линейные размеры:<br>30        | Ra 10; Ra 10          | $(1,6 + 0,8) + (1,6 + 0,8)$    | 34,8                  | $35^{+1,1}_{-0,5}$             |
| 191                            | Ra 10; Ra 10          | $(1,6 + 0,8) + (1,8 + 0,8)$    | 196                   | $196^{+1,6}_{-0,9}$            |

Примечание: основные припуски на механическую обработку выбираются по ГОСТ 7505 – 89 на с.12

Дополнительный припуск определяется сложением допусков смещения и коробления, т.е. в данном случае – это 0,8мм.  $(0,3 + 0,5 = 0,8\text{мм})$

Допускается отклонение – с.17...19

$\sqrt{R_{0.10}(V)}$



- H14; h14;  $\pm 17/14/2$

Рисунок Эскиз детали.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

**Тема:** Разработать технологический процесс механической обработки детали типа «Вал» в условиях серийного производства.

**Цель работы :** Разработка технологического процесса механической обработки детали вал в условиях серийного производства.

Данное практическое занятие является комплексным заданием, состоящим из нескольких блоков:

**Блок 1-** «Краткое описание заданной детали «Вал», технические условия. Описание химических и физико – механических свойств материала детали «Вал». Качественный анализ технологичности конструкции детали «Вал»»

**Блок 2-** «Выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали «Вал» с технико- экономическим обоснованием выбора заготовки (с учетом малоотходной технологии)

**Блок 3-** «Рассмотрение заводского технологического маршрута заданной детали «Вал» и его критический анализ»

**Блок 4-** «Установление переработанного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбора оборудования, оснастки, их характеристика для заданной детали «Вал»

**Блок 5-** «Расчет операционных, общих припусков и операционных размеров с допуском расчетно – аналитическим методом на обработку одной поверхности заданной детали «Вал» по установленному тех. процессу».

**Блок 6-** «Подробная разработка одной (характерной) операции разработанного тех. процесса обработки заданной детали «Вал» с расчетом режимов резания по переходам табличным методом и технико обоснованной нормы времени на операцию»

**Блок 7-**«Заполнение комплекса тех. документации обработки заданной детали «Вал»

#### БЛОК №1

**1. Тема занятия:** "Краткое описание заданной детали «Вал», технические условия. Описание химических и физико-механических свойств материала



детали «Вал». Качественный анализ технологичности конструкции детали «Вал».

**2. Цель занятия:** закрепление теоретических знаний, полученных при изучении материала, связанного с вопросами обработки валов; подготовиться к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение.**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали «Вал».

3.2. Заводской технологический процесс мех. обработки детали «Вал».

3.3. Годовая программа выпуска деталей (тип производства).

3.4. Марочник материалов.

3.5. Чертежные принадлежности.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентом при подготовке к практическому занятию.**

4.1. В.В.Данилевский "Технология машиностроения" М.; Высшая школа; 2018г.

4.2. Методические указания для учащихся ПК БГТУ по курсовому проектированию: по МДК 01.01 "Технологические процессы изготовления деталей машин". 2021 .

4.3. ГОСТ 2.308-79 (СТ СЭВ 368-79).

### **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия №1**

Вал - одна из основных деталей почти всех машин и механизмов, основным назначением которой является передача вращательного движения и крутящего момента. В процессе работы материал валов испытывает сложные деформации - кручения, изгиб, растяжение сжатие. Поэтому, чтобы обеспечить

нормальную работу деталей, передающих движение на вал, и сборочные единицы в целом, валы должны быть жесткими. Расчет валов производят на прочность, жесткость и колебания. По технологическим признакам валы можно привести к 2-м исходным формам: гладкому и ступенчатые валы основными технологическими параметрами которых является общая длина вала, количество ступеней, неравность их перепадов по диаметрам, диаметр наибольшей ступени, наличие шлицов, шпоночных пазов, резьб, отверстий. Особую группу валов составляют ходовые винты, шпиндели, коленчатые и распред. валы, валы - шестерни и другие, к которым предъявляют особые требования при изготовлении и их эксплуатации. Валы - ответственные детали механизма, поэтому к ним предъявляют типовые технологические требования:

- по точности формы посадочных шеек (7 - 9 квалитет).
- по соосности посадочных шеек.
- по перпендикулярности упорных торцов к посадочным шейкам.
- по твердости посадочных шеек (HRCэ 35...50)
- по шероховатости поверхности посадочных шеек ( $Ra = 0,8 \dots 0,1 \text{ мкм}$ ).

## **6. Порядок выполнения работы.**

**6.1 Рассмотреть чертеж (эскиз), проанализировать конструкцию детали и дать краткое описание заданной детали "Вал".**

Проанализировав исходный чертеж детали, учащийся должен указать наименование детали; номер чертежа; в какую сборочную единицу входит и к какому классу относится заданная деталь, охарактеризовать назначение детали; указать, каким нагрузкам деталь подвергается при работе. Далее должны быть проанализированы технические требования, а именно:

- точность диаметральных и линейных размеров;
- точность геометрической формы поверхностей детали (конусность, овальность, бочкообразность и т.п.);

- точность взаимного расположения поверхностей детали (соосность поверхностей, биение, параллельность, перпендикулярность и т.п.);
- шероховатость поверхностей
- твердость поверхностей (HB, HRC).

**Примечание.** Если конкретное назначение данной детали неизвестно, следует описать его, базируясь на разделе «Детали машин» предмета «Техническая механика».

**6.2** На основании анализа чертежа детали "Вал" следует описать из какого материала изготавливается деталь: марка материала, ГОСТ, химический состав и физико - механические свойства, воспользовавшись при этом марочным материалов.

**6.3** Далее необходимо дать качественную оценку технологичности конструкции детали. Изучение чертежа детали позволит лучше узнать конструкцию заданной детали, уяснить требования к ней, составить представление о степени ее сложности, точности, технологичности. После изучения чертежа необходимо составить описание детали: наименование, назначение, функции ее в узле, взаимодействие с сопрягаемыми деталями, характер нагрузки, условия, в которых она работает, форма и размеры детали. Конструкцию детали необходимо рассмотреть по наиболее важным обрабатываемым поверхностям. Если качество точности размеров поверхностей деталей не выше 6-го, то деталь по точности считается технологичной. Если для обработки детали не требуются доводочные операции (суперфиниш, хонингование, доводка ...), то деталь по шероховатости считается технологичной.

Деталь считается нетехнологичной, если для выполнения технических требований или размеров, требуется специальное прецизионное оборудование. Кроме того, оценивая технологичность детали, необходимо учитывать разнообразие поверхностей детали ( плоская, цилиндрическая, сложная ) и, как

следствие, форма заготовки, применение сложных специальных приспособлений, инструмента, а также специального оборудования.

## 7. Пример выполнения

1. Краткое описание детали, технические условия.

1.1 Деталь ДБ71.335.01.07 "Вал" входит в узел регулятора чисел оборотов судового дизеля и служит осью кулачков механизма подачи топлива в цилиндры судового дизеля.

Деталь представляет собой типовое тело вращения типа "Ступенчатый вал". Крайняя левая ступень  $\varnothing 70d8$  имеет длину 65 мм, а далее  $\varnothing 70f7$  на длине 200мм. Наибольшая ступень имеет  $\varnothing 100$  длиной 45мм.

Крайняя правая имеет  $\varnothing 72_{-0,318}^{-0,038}$

Общая длина детали - 390мм. На  $\varnothing 70f7$  расположен перпендикулярно оси детали 3 отв.  $\varnothing 9$ . На ступени  $\varnothing 100$  расположены 2 паза шириной 16мм и глубиной 7,5мм.

Технические требования:

1.1 Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по Н14, валов - по h14, остальных -  $\pm IT 14/2$ ;

1.2 Материал детали, химический состав и физико - механические свойства.

Деталь ДБ71.335.01.07 "Вал" изготавливается из углеродистой качественной конструкционной стали 25 ГОСТ 1050 - 88.

| Химический состав стали 25 | %            |
|----------------------------|--------------|
| Углерод C                  | 0.22 ... 0.3 |
| Кремний Si                 | 0.17... 0.37 |

|             |               |
|-------------|---------------|
| Марганец Mn | 0.5... 0.8    |
| Медь Cu     | не более 0.04 |
| Сера S      | не более      |
| 0.035       |               |
| Фосфор P    | не более 0.25 |
| Хром Cr     | не более 0.25 |
| Никель Ni   | не более 0.25 |

### **Физико-механические свойства:**

Временные сопротивления разрыву  $\sigma_B = 46 \text{ кгс/мм}^2$

Предел текучести  $\sigma_T = 28 \text{ кгс/мм}^2$

Относительное удлинение  $\delta = 23 \%$

Относительное сужение  $\psi = 50 \%$

Твердость  $H_B \leq 170$

Плотность  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$

### **1.3 Качественный анализ технологичности конструкции детали**

Рассматривая конструкцию детали с точки зрения технологичности изготовления замечаем следующее:

1. Все поверхности детали доступны и удобны при механической обработке.
2. Деталь прочная и жесткая, что позволяет применять оптимальные режимы резания и усилие закрепления детали.
3. Точность механически обрабатываемых поверхностей не превышает 7 квалитет, что позволяет вести механическую обработку детали на станках нормальной точности.

4. Шероховатость механически обрабатываемых поверхностей не ниже  $Ra=0.8\text{мкм}$ , что позволяет не производить отделочных дорогостоящих операций.

5. Выполнение технических требований чертежа детали не представляет трудностей при выполнении принципа единства и преемственности баз в серийном производстве.

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что конструкция детали технологична.

## **8. Вопросы для самопроверки.**

8. 1 Конструктивные виды валов.

8.2 Материал, заготовки и виды термообработки валов.

8.3 Технические требования, предъявляемые к валам.

8.4 Анализ технологичности валов.

8.5 Типовой технологический маршрут механической обработки валов.

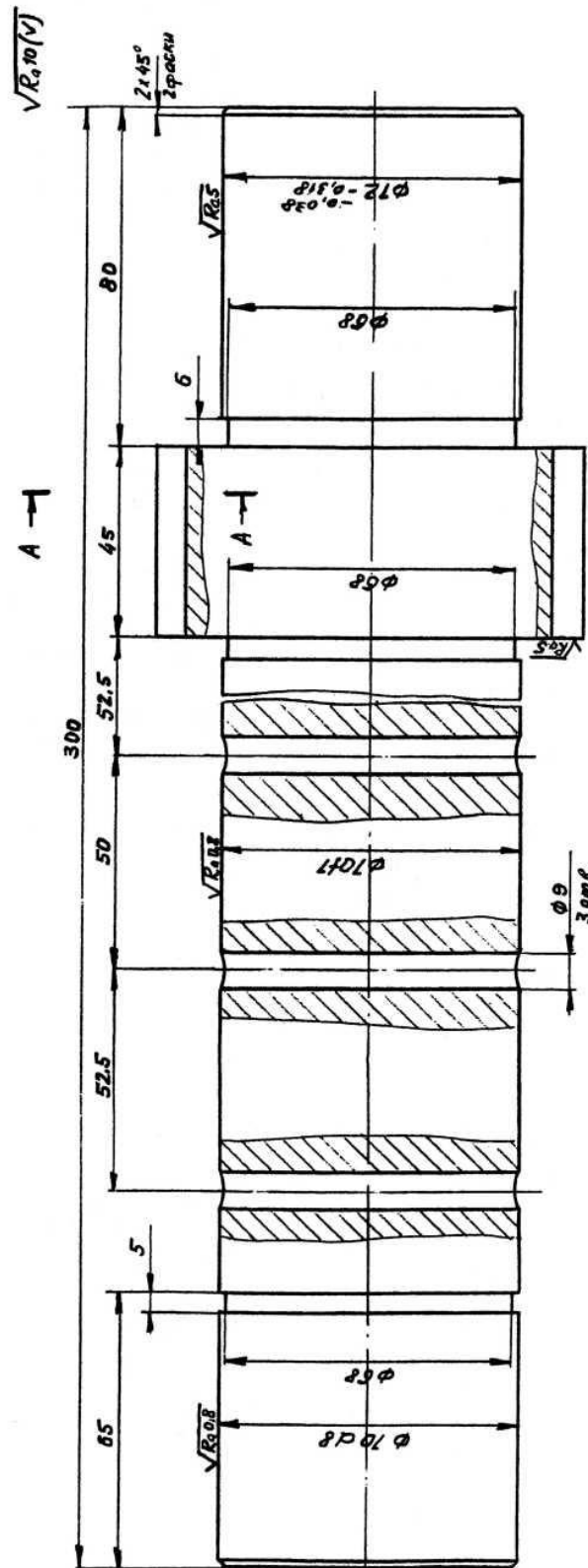
8.6 Основные технологические параметры ступенчатых валов.

## **9. Домашнее задание.**

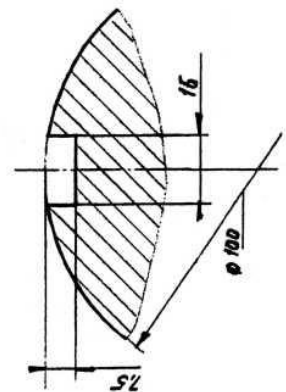
9.1 Закрепить оформление отчета по практическому занятию № 1.

9.2 Повторить темы 3.1; 3.2; 3.3 и подготовиться к сдаче отчета и получению зачета по практическому занятию № 1.

Эскиз детали «Вал»  
ДБ 71.335.01.07



A-A



Н14; h14;  $\pm 1/14/2$

Материал детали: Сталь 25 ГОСТ 1050-88

Масса детали:  $m_d = 13,3$  кг.

Производство: серийное

## **БЛОК № 2**

**1. Тема занятия:** «Выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали «Вал» с технико - экономическим обоснованием выбора заготовки (с учетом малоотходной технологии).

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в выборе вида и метода получения заготовки для заданной детали «Вал» с технико - экономическим обоснованием её выбора; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали «Вал».

3.2 Исходные данные по материалу и т. п. (см. отчет к практическому занятию №1)

3.3 Сведения о серийности производства (производство - серийное).

3.4 Нормативно - справочная литература.

3.5 Чертежные принадлежности.

3.6 Микрокалькулятор.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию №2:**

4.1 Справочник технолога - машиностроителя том 1 под редакцией А. Г. Косиловой, Р. К. Мищерекова, М., Маш., 1986г.

4.2 Методическая разработка для организации самостоятельной работы студентов по выбору метода получения заготовки.

4.3 ГОСТ 7505 - 85; ГОСТ 2590 - 80; ГОСТ 7062 - 79; ГОСТ 26645 - 85.



## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия №2:**

Выбор вида заготовки определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями и размерами, типом производства, а также экономичностью изделия.

Выбрать заготовку - значит:

1. Определить химический состав и механические свойства материала детали;
2. Установить способ получения заготовки;
3. Определить общие припуски на обработку поверхностей детали;
4. Рассчитать размеры заготовки и установить допуски на неточность изготовления;
5. Рассчитать массу заготовки;
6. Определить коэффициент использования материала и сравнить его с нормативным;
7. Вычертить эскиз заготовки.

При правильно выбранном способе получения заготовки уменьшается трудоемкость механической обработки, сокращается расход материала, электроэнергии, высвобождается оборудование и производственные площади. При выборе заготовки необходимо принимать наиболее прогрессивные методы получения, не забывая об экономической целесообразности.

Устанавливая способ получения заготовки необходимо привести обоснование своего выбора, преимущества выбранного способа получения перед возможными на основании принципа малоотходной технологии.

Для определения размеров заготовки на все обрабатываемые поверхности детали назначаются припуски.

Припуски назначаются по нормативным данным:

ГОСТ 2590-80 - для проката

ГОСТ 7505-85- для штампованных заготовок

ГОСТ 7062-79 - для заготовок, получаемых свободной ковкой

ГОСТ 26645-85 - для стального и чугунного литья

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

**6.1** Анализируя исходные данные, следует обратить внимание на материал детали и его технологические свойства (литейные, обрабатываемость давлением и резанием и др.), связать свойства материала с техническими требованиями к детали по прочности и твердости, с формой, габаритами и массой детали (сложность формы, наличие отверстий, наличие поверхностей, требующих многократной обработки из-за высокой точности размера и малой шероховатости).

Следует также уяснить тип производства, т. к. этот фактор существенно влияет на выбор вида исходной заготовки по способу её изготовления (поковка штампованная или свободно кованная; вид проката и др.).

**6.2.** Выбирается два возможных варианта исходных заготовок на основании материала детали, её конфигурации, типа производства. Данный выбор должен быть обстоятельно обоснован; должны быть также обстоятельно изложены способы изготовления этих двух заготовок и приложены поясняющие эскизы.

### **6.3.** Определение размеров исходной заготовки с допусками

Для полый цилиндрической детали (рис 1) используются формулы:

– Для наружной поверхности:  $d_o = d_d + 2\text{Побщ } d_i$  (1)

– Для внутренней поверхности:  $D_o = D_d - 2\text{Побщ } D_i$  (2)

– Для одинаково обрабатываемых торцов детали:  $L_o = L_d + 2\text{Побщ } T$  (3)

– При неодинаково обрабатываемых торцах:  $L_o = L_d + \text{Побщ } T_2 + \text{Побщ } T_1$  (4)

Где размеры с индексом «0» относятся к исходной заготовке, а с индексом «д» - к готовой детали;

$2\text{Побщ}$  - общий припуск на диаметр или на обе стороны.

$\text{Побщ}$  - общий припуск на механическую обработку.

Допускаемые отклонения параметров исходной заготовки устанавливаются по соответствующим стандартам.

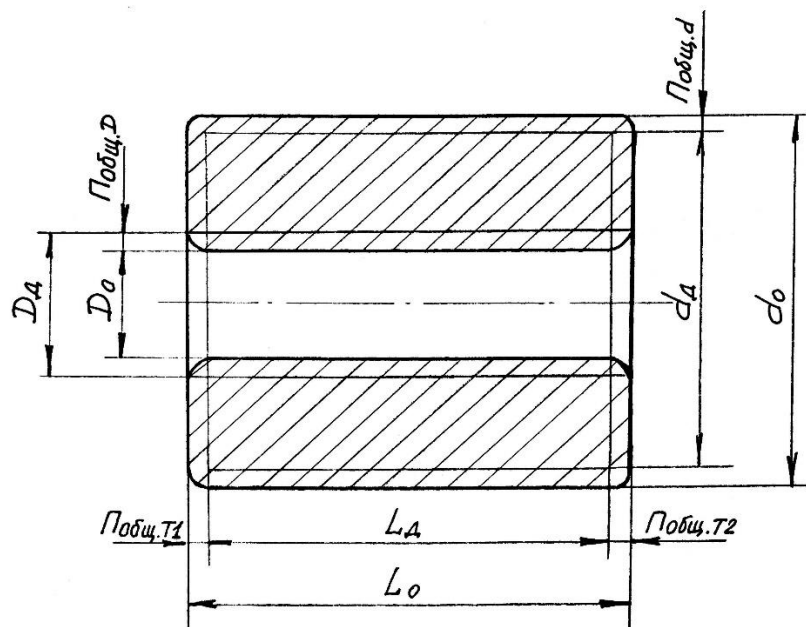


Рисунок 1 - Эскиз полый цилиндрической детали.

**6.4.** Конструирование двух вариантов заготовок, включая разработку технических требований производится также в соответствии с теми же стандартами.

**6.5.** По каждому из двух вариантов исходных заготовок вначале определяются объёмы, а затем массы заготовок. При этом используются следующие формулы:

Формула объёма цельной цилиндрической поверхности:

$$V = (\pi \cdot d_0^2 \cdot L_0) / 4, \text{ см} \quad (5)$$

Где  $d_0$  - наружный диаметр заготовки, см;

$L_0$  - длина заготовки, г/см<sup>3</sup>;

Масса заготовки определяется по формуле:

$$M_0 = V_0 \cdot \gamma, \text{ (кг)}, \text{ где } V_0 - \text{объем заготовки, см}^3 \quad (6)$$

ПРИМЕЧАНИЕ: Удельная плотность стали –  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$

Удельная плотность чугуна –  $\gamma = 7,4 \text{ г/см}^3$

**6.6.** Коэффициент использования материала определяют по формуле:

$$K_{и.м.} = m_d / m_0 \quad (7)$$

Где  $m_d$  - масса детали, кг;

$m_o$  - масса заготовки, кг

ПРИМЕЧАНИЕ: оптимальное значение коэффициента использования материала находится в пределах 0,6... 0,8.

### 6.7. Определение стоимости штучной исходной заготовки.

Стоимость исходной заготовки и коэффициент использования материала являются одним из главных показателей правильности технико-экономических решений, принятых при проектировании технологического процесса.

При выполнении этой части работы используются данные из заводских прейскурантов, которые каждый год обновляются и рекомендуются для выполнения курсовых работ.

Стоимость исходной заготовки определяется по формуле:

$$S_o = (C_o * m_o) / 1000 - (m_o - m_d) * C_{отх} / 1000, \text{ руб} \quad (8)$$

Где  $C_o$  - стоимость одной заготовки на ЗАО УК БМЗ, руб.

$C_{отх}$  - стоимость одной тонны отходов, руб

$m_o$  - масса заготовки, кг.

$m_d$  - масса детали, кг.

**6.8. Полученные результаты по 2-ум вариантам заготовок сводятся в таблицу сравнительных показателей (см. таб. 1)**

Таблица 1 - Сравнительная

| Вид заготовки | Ки. м. | $S_o$ , руб |
|---------------|--------|-------------|
|               |        |             |
|               |        |             |

## **6.9. Выводы и предложения**

Необходимо оценить расчёты, выполненные в данной работе и сделать необходимые выводы о том, какой же вариант из двух является наиболее экономичный с точки зрения принципа малоотходной технологии, т. к. именно с этих позиций прежде всего выбирается оптимальная заготовка (даже если мы проигрываем в стоимости заготовки).

Следует также изложить свои соображения по улучшению качества исходной заготовки и указать перспективные способы получения более совершенных видов исходной заготовки для рассматриваемой стали, их достоинства и недостатки.

## **7. Вопросы для самопроверки**

7.1. Перечислите основные виды заготовок, применяемые в машиностроении.

7.2. Какие вы знаете способы получения отливок из черных и цветных металлов.

7.3. Как называется основной показатель, характеризующий экономичность выбора заготовки.

7.4. Основные требования к заготовкам.

7.5. Что значит правильно выбрать заготовку?

## **8. Домашнее задание:**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 2.

8.2. Подготовиться к сдаче отчета.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

8.4. Комплект лекций.

## **9. Схема отчета:**

Практическое занятие № 2

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

Пример выполнения работы.

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ**

1. Выбор вида и метода получения заготовки (с учетом требований малоотходной технологии).

В машиностроении применяют различные виды заготовок: прокат, отливки, поковки, штамповки, сварные конструкции, и другие виды заготовок.

В заводском варианте тех. процесса в качестве заготовки применяется поковка, получаемая свободной ковкой на молотах.

В разрабатываемом варианте тех. процесса в качестве заготовки предлагается поковка, штампованная на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

Припуски и допуски по ГОСТ 7505-85

Группа стали – М1

Степень сложности – С3

Класс точности - Т4

Исходный индекс -15

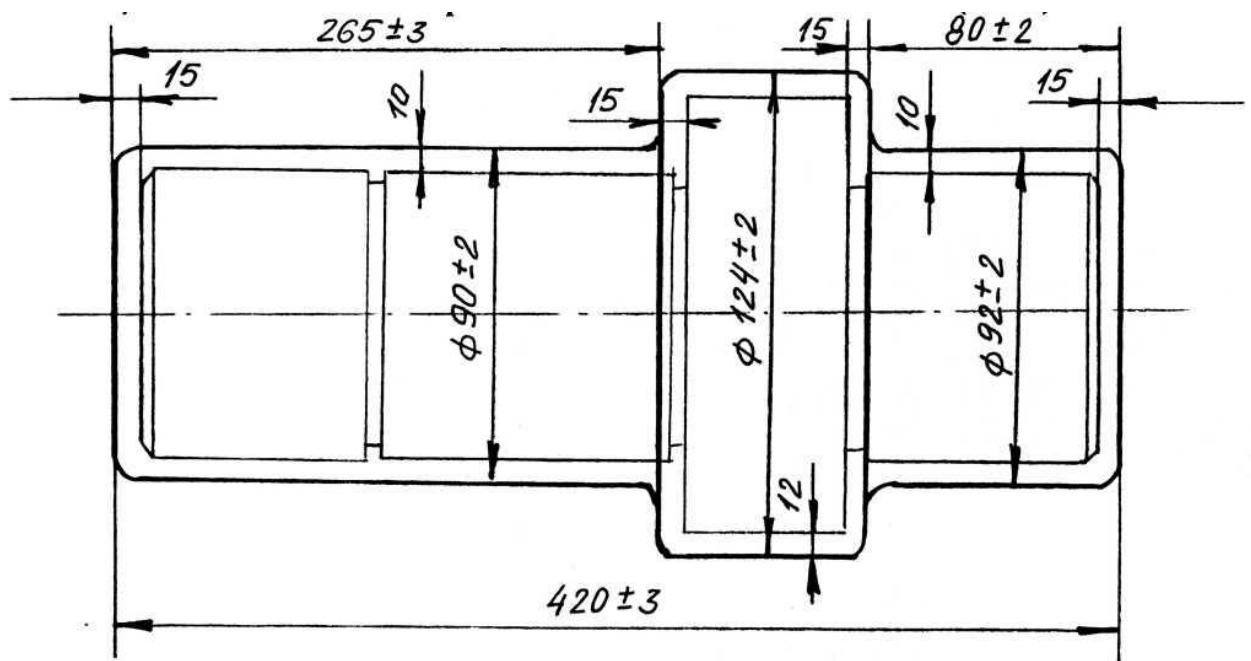
Допуск смещения - 0,3мм

Допуск коробления - 0,6мм

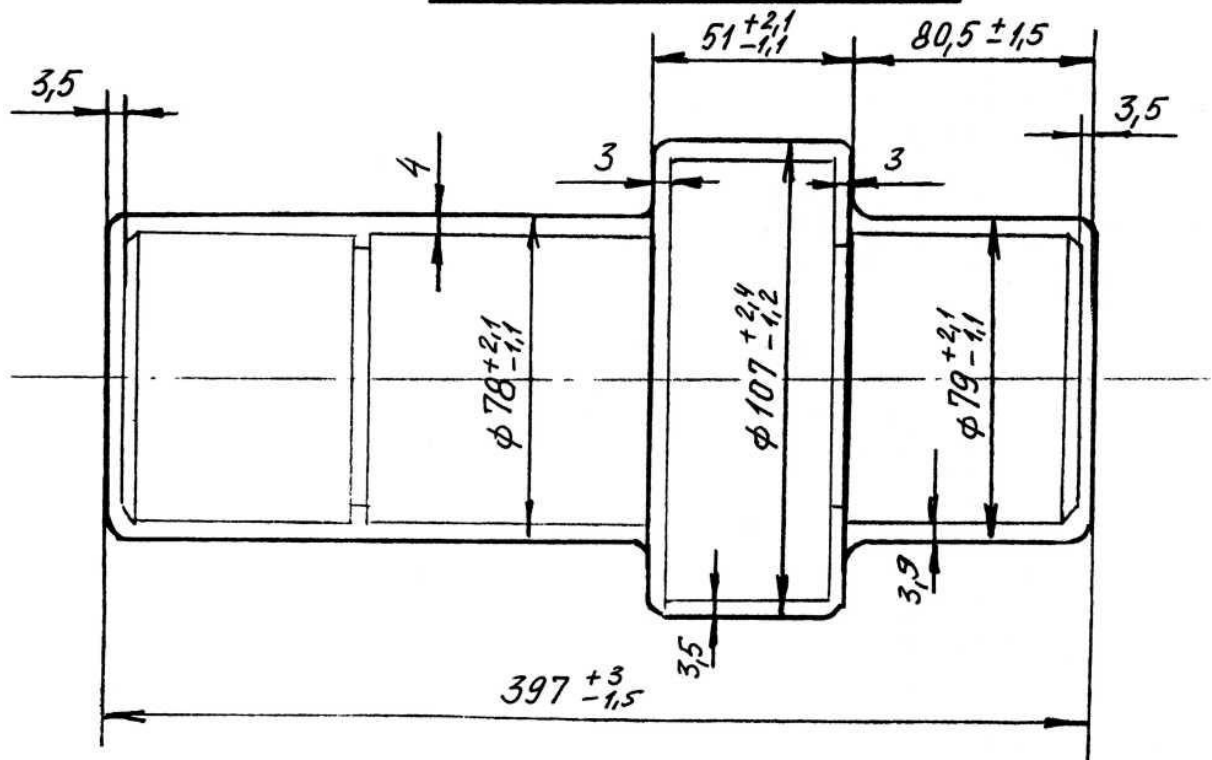
Штамповочные уклоны до 1°

Штамповочные радиусы - R3

Технические требования по ГОСТ 8479-70



**Рисунок 1 – поковка на молотах.**



**Рисунок 2 – заготовка – поковка, штампованная на ГКМ.**

## **2. Технико-экономическое обоснование выбора заготовки.**

Технико-экономическое обоснование выбора заготовки производим по коэффициенту использования материала и стоимости получения заготовки.

### **1) Заготовка поковка**

#### **Масса заготовки**

$$M_z = V_z * \gamma, \text{ г}$$

Где  $V_z$  - объём заготовки, см<sup>3</sup>

$\gamma$  - плотность материала, г/см<sup>3</sup>

$$M_z = ((\pi * 92 * 26,5) / 4 + (\pi * 12,42 * 7,5) / 4 + (\pi * 9,22 * 8) / 4) * 7,85 = 24517 \text{ г} = 24,5 \text{ кг}$$

#### **Коэффициент использования материала**

$$K_{и} = M_d / M_z$$

Где  $M_d$  - Масса детали, кг;

$M_z$  - Масса заготовки, кг.

$$K_{и} = 13,3 / 24,5 = 0,54$$

#### **Стоимость получения заготовки:**

$$S = (C * M_z) / 1000 - (M_z - M_d) * C_{отх} / 1000, \text{ руб}$$

Где  $C = 47390 \text{ руб/т}$  - стоимость 1 т поковок на ЗАО УК БМЗ на 01.01.11

$C_{отх} = 510 \text{ руб/т}$  - стоимость 1т отходов на ЗАО УК БМЗ на 01.01.11

$$S = (47390 * 24,5) / 1000 - (24,5 - 13,3) * 510 / 1000 = 1155,34 \text{ руб}$$

### **2) Заготовка - штамповка на ГКМ**

#### **Масса заготовки**

$$M_z = ((\pi * 7,82 * 26,55) / 4 + (\pi * 10,72 * 5,1) / 4 + (\pi * 7,92 * 8,5) / 4) * 7,85 = 16655 \text{ г} = 16,7 \text{ кг}.$$

#### **Коэффициент использования материала**

$$K_{и} = 13,3 / 16,7 = 0,8$$



### Стоимость получения заготовки

$$S = (53400 * 16,7) / 1000 - (16,7 - 13,3) * 510 / 1000 = 890,04 \text{руб.}$$

Где С=53400 руб/т стоимость одной тонны штамповок на ЗАО УК БМЗ на 01.01. 11

Таблица 2.1 - Сравнительная

| Вид заготовки    | Ки   | S, руб  |
|------------------|------|---------|
| Поковка          | 0,54 | 1155,34 |
| Штамповка на ГКМ | 0,8  | 890,04  |

Сравнительная таблица показывает, что выбранный в разработанном тех. процессе вариант заготовки в виде штамповки на ГКМ предпочтителен, т. к. у неё коэффициент использования материала выше, а себестоимость получаемая - ниже, чем у паковки.

## **БЛОК № 3**

**1. Тема занятия:** «Рассмотрение заводского технологического маршрута заданной детали «Вал» и его критический анализ».

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в рассмотрении и критическом анализе заводского (базового) технологического маршрута заданной детали «Вал»; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертёж (эскиз) детали «Вал».

3.2. Отчет по практическим занятиям № 1,2

3.3 Сведения о серийности производства (производство - серийное).

3.4. Нормативно- справочная литература.

### **4. Указание на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию №3**

4.1. В.В. Данилевский «Технология машиностроения» М., Высшая школа, 1984г.

4.2. Справочник технолога - машиностроителя/ том 1 под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, М., Маш., 1986г.

### **5. Общие теоретические положения по теме практического занятия №3**

При выполнении данного практического занятия следует учитывать изученные по дисциплине «Технология машиностроения» правила составления технологических маршрутов механической обработки различных деталей. По возможности следует использовать типовые технологические маршруты,

имеющиеся в учебниках и справочниках деталей класса «Вал». Можно пользоваться заводскими (базовыми) технологическими процессами на обработку аналогичных деталей. При этом следует уделить внимание выбору черновой базы, соблюдению принципа единства баз и принципа постоянства установочных баз.

При рассмотрении заводского технологического маршрута механической обработки детали «Вал» следует проанализировать применение технологического оборудования и приспособления, а также наличия технологических баз. Критически рассмотрев базовые варианты технологического маршрута обработки заданной детали, студент должен предложить ряд мероприятий, позволяющий значительно улучшить заводской технологический маршрут и основные технико-экономические показатели. Этого можно достичь за счет замены (там, где это возможно) универсального оборудования высокопроизводительным и эффективным оборудованием.

## **6. Порядок выполнения работы.**

**6.1.** Выполнение эскиза детали «Вал» с простановкой всех необходимых размеров, параметров шероховатости и др.

**6.2.** Переписать заводской тех. процесс в следующей форме:

Операция XXX                      Название операции.

Оборудование:                      станок мод. ...

Приспособление: ...

Технологические базы: ...

Содержание операции: ...

**6.3.** Критически рассмотрев заводской технологический маршрут мех. обработки детали, студент должен предложить ряд мероприятий по усовершенствованию базового варианта тех. процесса.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. Виды тех. процессов по ГОСТ 14.009-82.

7.2. Основные принципы проектирования тех. процессов.

7.3. Исходная информация, необходимая при проектировании тех. процессов.

7.4. Основные этапы проектирования тех. процессов.

7.5. Особенности технологического проектирования с применением станков с ЧПУ.

## **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформления отчета по практическому занятию №3

8.2. Подготовиться к сдаче отчета.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

## **9. Схема отчета.**

Практическое занятие № 3

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ**

### **Заводской технологический маршрут и его анализ.**

Заводской тех. процесс мех. обработки детали ДБ.71.335.01.07 «Вал» следующий:

### **Операция 005 Токарно-винторезная.**

Оборудование: станок мод. 16K20.

Приспособление: 3-х кулачковый патрон.

Технологические базы: наружный диаметр заготовки.

Точить с переустановкой торцы заготовки с зацентровкой.

### **Операция 010 Токарно-винторезная.**

Оборудование: станок мод. 16К20.

Приспособление: 3-х кулачковый патрон, центр вращающийся.

Технологические базы: наружный диаметр заготовки, центровое отверстие.

Точить заготовку с переустановкой предварительно и окончательно.

### **Операция 015 Вертикально-фрезерная.**

Оборудование: станок мод. 6Н13П.

Приспособление: специальное.

Технологические базы: наружный диаметр, торец.

Фрезеровать 2 паза - 16мм в размер 85.

### **Операция 020 Радиально-сверлильная.**

Оборудование: станок мод. 2Н53.

Приспособление: кондуктор.

Технологические базы: наружный диаметр, торец.

Сверлить 3 отв. Ø 9.

### **Операция 025 Круглошлифовальная.**

Оборудование: станок мод. 3Б161.

Приспособление: поводок.

Технологические базы: центровые отверстия.

Шлифовать Ø 70f 7, Ø70d8.

### **Операция 030 Слесарная.**

Зачистить заусенцы и острые кромки.

## **Операция 035 Контрольная.**

Рассмотрев заводской вариант тех. процесса с точки зрения серийности производства и применения станков с ЧПУ.

Предлагается следующее:

- 1) Обработку торцев и сверление центровых отверстий производить на фрезерно-центровальном станке;
- 2) Токарную обработку производить на станке с ЧПУ без переустановок;
- 3) Фрезерование пазов производить на станках с ЧПУ в установочном приспособлении;
- 4) Сверление отверстий производить на станках с ЧПУ в установочном приспособлении вместо сверления по кондуктору;

Данные мероприятия позволят снизить трудоемкость изготовления детали, повысить производительность труда, снизить технологическую себестоимость обработки детали, повысить качество изготовления детали

## **БЛОК № 4**

**1. Тема занятия:** «Установление переработанного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбора оборудования, оснастки, их характеристика для заданной детали «Вал».

**2. Цель занятия:** «Получение практических навыков в переработке заводского маршрута тех. процесса с обоснованием выбора баз, оборудования, оснастки для заданной детали; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2 Сведения о серийности производства (производство - серийное)

3.3 Отчет по практическим занятиям №1,2,3

3.4 Нормативно - справочная литература.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентами при подготовке к практическому занятию № 4**

4.1 Справочник технолога машиностроителя, том 1, 2, под ред.

А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, М., Маш., 1990г.

4.2 Ю.И. Кузнецов и др. «Оснастка для станков с ЧПУ» справочник , М., Маш., 1990г.

4.3 «Обработка металла резанием», справочник технолога под ред. А.А. Панова, М., Маш., 1988г.

### **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия №4**

В разработку технологического процесса обработки детали входит:

- Установление последовательности выполнения операций.

- Выбор базовых поверхностей.
- Выбор станков.
- Выбор приспособлений.
- Выбор текущего инструмента.

Последовательность выполнения операций зависит от следующих факторов:

- Конструктивной формы и размеров детали.
- Масштаба производства.
- Свойств обрабатываемого материала.
- Точности изготовления детали.
- Качества обрабатываемых поверхностей.
- Экономичности проектируемого технологического процесса.

При установлении последовательности выполнения операций следует руководствоваться следующими соображениями:

1. В первую очередь обрабатывать те поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке (например: центровые отверстия у деталей типа “валов”, плоскость основания у деталей типа “корпус”).

2. Затем обрабатываются поверхности, имеющие наибольший припуск.

3. Затем обрабатываются остальные поверхности в последовательности обратной точности: более точные поверхности обрабатываются на финишных конечных операциях.

4. Поверхности, связанные точностью относительно положения, обрабатываются при одной установке и в одной позиции.

5. Если деталь подвергается термической обработке, то технологический процесс механической обработки разделяется на две части - до термической и после нее.

Выбор баз является одним из важнейших вопросов при разработке технологического процесса механической обработки деталей. Особенно важно правильно выбрать базовую поверхность для выполнения первой операции.



При выборе черновых базовых поверхностей следует руководствоваться следующими правилами:

Правила выбора черновых базовых поверхностей:

1. Черновая базовая поверхность должна обеспечивать устойчивое положение детали в приспособлении.
2. Черновая базовая поверхность должна занимать четкое положение относительно других поверхностей, быть ровной и чистой.
3. У деталей, у которых в обработанном виде остаются необработанные поверхности, за черновые базы принимаются эти необработанные поверхности.
4. У деталей, у которых все поверхности подлежат обработке, за черновые базы принимаются поверхности с наибольшими припусками и наибольшими размерами.

Правила выбора чистовых базовых поверхностей:

1. За чистовые базы принимаются чистовые поверхности, от которых заданы основные размеры до других обрабатываемых поверхностей. Во всех случаях, когда это возможно, необходимо совмещать конструкторские и технологические базы.
2. Для достижения механической обработки измерительные базы необходимо использовать в качестве установочных баз (принцип совмещения баз).
3. Для достижения точности механической обработки рекомендуется обработку всех поверхностей детали осуществлять от одной и той же базы (принцип единства баз).

Выбираемые базовые поверхности должны обеспечивать простоту и надежную конструкцию приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

Оборудование выбирается в зависимости от характера операций, годовой

программы и должно обеспечивать:

- Выполнение технических требований, предъявляемых к изготовлению детали.
- Соответствие основных размеров рабочей зоны станка, габаритных размеров детали.
- Возможно полное использование станка по времени мощности.
- Высокую производительность, соответствующую заданной программе выпуска.
- Наиболее низкую стоимость обработки.

Решающим фактором при выборе станка является экономичность обработки, критерием которой служит время, затрачиваемое на обработку или производительность станка. Выбор оборудования производится по каталогу металлорежущих станков.

Выбор приспособлений производится в зависимости от вида обработки, типа станка и типа производства. Для крупносерийного и массового производства характерно применение высокопроизводительных специальных приспособлений, снабженных быстродействующими зажимными устройствами. В серийном, мелкосерийном и единичном производствах применяются в основном универсальные, универсально-наладочные, универсально-сборные приспособления.

Выбранные приспособления должны обеспечивать:

- Правильную установку детали.
  - Повышение производительности за счет снижения вспомогательного и машинного времени.
  - Надежность и безопасность работ.
- Автоматическое получение заданной точности.
- Расширение технологических возможностей станка.
- Экономичность обработки.

Выбор приспособлений рекомендуется производить по справочнику технолога-машиностроителя т.1, каталогу УСП, альбому станочных приспособлений.

Выбранный инструмент должен обеспечивать при заданной точности и шероховатости обработки высокую скорость резания и стойкость.

Применение того или иного инструмента зависит от вида обработки, оборудования, типа производства.

В единичном производстве, мелкосерийном, в основном используется универсальный инструмент. В крупносерийном и массовом производствах широко используют специальные инструменты.

Материал режущей части инструмента выбирается в зависимости от:

- Механических свойств обрабатываемого материала.
- Состояния поверхности обрабатываемого материала.
- Характера обработки.

Выбор инструментов и их параметров рекомендуется производить по соответствующим ГОСТам, а также стандартам предприятия.

В качестве поверочного инструмента следует выбирать такой инструмент, который обеспечивает быстроту и точность проверки, не требует больших затрат времени и высокой квалификации рабочих.

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида измеряемой поверхности, точности механической обработки поверхностей, типа производства.

В единичном и мелкосерийном производстве принимаются универсальные измерительные инструменты; штангенциркуль, микрометры, штихмассы, глубиномеры и др.

В крупносерийном и массовом производствах применяют калибры, шаблоны, автоматические измерительные устройства.

Выбор мерительных инструментов производится по соответствующим ГОСТам, а также стандартам предприятий.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Проанализировав заводской маршрут механической обработки детали

«Вал», разработать усовершенствованный технологический процесс мех. Обработки заданной детали с учетом предложенных мероприятий, улучшающих технико-экономические показатели тех. процесса.

6.2. Выбрать и описать технические характеристики станков, применяемых в разработанном тех. процессе.

6.3. Выбрать и описать комплект режущего и измерительного инструмента, применяемого в разработанном тех. процессе.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. Особенности технологического проектирования для станков с ЧПУ.

7.2. Чем следует руководствоваться при установлении последовательности выполнения операций?

7.3. Каковы правила выбора черновых баз?

7.4. Каковы правила выбора чистовых баз?

7.5. Как выбирается тех. оборудование и что оно должно обеспечивать?

7.6. Что должны обеспечивать выбранные приспособления и инструменты?

## **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 4

8.2. Подготовиться к сдаче зачета по практическому занятию.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный при подготовке данному практическому занятию.

## **9. Схема отчета.**

Практическое занятие № 4

1. Тема занятия.
2. Цель занятия.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполнение работы.

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ**

Установление тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбор оборудования и оснастки, их характеристика.

1. Разработанный тех. процесс мех. обработки детали ДБ71.335.01.07 «Вал» следующий:

### **Операция 005 Фрезерно-центровальная**

Оборудование: станок мод. 2Г942

Приспособления: призмы, откидной упор

Технолог. базы: Наружный Ø 78 заготовки, торец

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2,3 Фрезеровать торцы заготовки в размер 390 - 0,5

4,5 Сверлить центровые отверстия А4 ГОСТ 14034-80

### **Операция 010 Токарная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 16K20Ф3

Приспособление: поводковый патрон

Технолог. базы: центровые отверстия, торец

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2. Точить предварительно Ø 70, торец, Ø100

3. Точить фаску  $2 \times 45^\circ$ , Ø 70,6 - 0,1, торец, Ø100 - 0,4

4,5 Точить канавки 5+0,3 Ø 68 - 0,4

### **Операция 015 Токарная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 16K20Ф3

Приспособление: поводковый патрон

Технолог. базы: центровые отверстия, торец

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2. Точить  $\varnothing 72$ , торец предварит.

3. Точить фаску  $2 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 72_{-0,318}^{+0,038}$

торец в р - р  $80 \pm 0,2$

4. Точить канавку  $6+0,3 \varnothing 68 - 0,4$

### **Операция 020 Фрезерная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 6P13Ф3

Приспособление: специальное

Технолог. базы:  $\varnothing 70,6 - 0,1$ , торец  $\varnothing 100$

Переход 1 .Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2,3 Фрезеровать 2 паза 16мм в р-р  $84 - 0,4$

### **Операция 025 Сверлильная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 2P135Ф2

Приспособление: специальное

Технолог, базы:  $\varnothing 70.6 - 0,1$ , торец  $\varnothing 100$

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2...4 Сверлить 3 центровочных отверстия  $\varnothing 5$

5...7 Сверлить 3 отв.  $\varnothing 9$

### **Операция 030 Круглошлифовальная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 3M153ВФ20

Приспособление: поводковое

Технолог. базы: центровые отверстия

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2. Шлифовать Ø70f 7

3. Шлифовать Ø70d8

### **Операция 035 Слесарная**

Зачистить заусенцы и острые кромки

### **Операция 040 Контрольная**

## **2. Оборудование, применяемое в разработанном тех. процессе**

### **Операция 005**

Техническая характеристика фрезерно - центровального полуавтомата 2Г942.

Пределы длин обработ. деталей, мм \_\_\_\_\_ 100 -500

Пределы диаметров валов, устанавливаемых в призмах, мм \_\_\_\_\_ 20 -160

Наиб. диаметр устанавливаемой фрезы, мм \_\_\_\_\_ 160

Пределы частот вращения сверлильного шпинделя, об/мин \_\_\_\_\_ 234 -2300

Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, об/мин \_\_\_\_\_ 125 -712

Мощность электродвигателя главного движения, кВт \_\_\_\_\_ 11

### **Операции 010, 015**

Техническая характеристика станка модели 16K20Ф3

Наиб. диаметр обраб. заготовки

над станиной, мм \_\_\_\_\_ 400

под суппортом, мм \_\_\_\_\_ 220

Шаг нарезаемой резьбы \_\_\_\_\_ до 20 мм

Частота вращения шпинделя, об/мин \_\_\_\_\_ 12,5 - 200

Подача мм/мин поперечная \_\_\_\_\_ 1,5 - 600

продольная \_\_\_\_\_ 3,0-1200

Мощность электродвигателя главного движения, кВт \_\_\_\_\_ 10

Устройство ПУ \_\_\_\_\_ НС31

Число одновременно управляемых координат \_\_\_\_\_ 2

Дискретность задания размеров, мм

по оси X \_\_\_\_\_ 0,01

по оси Y \_\_\_\_\_ 0,005

Дискретность цифровой индикации \_\_\_\_\_ 0,001

## **Операция 020**

Техническая характеристика вертикально-фрезерного консольного станка  
6Р13ФЗ

Размеры рабочей поверхности стола, мм \_\_\_\_\_ 400x1600

Наиб. перемещение стола, мм

продольное \_\_\_\_\_ 1000

поперечное \_\_\_\_\_ 400



вертикальное \_\_\_\_\_ 380

Внутренний конус шпинделя (7:24) \_\_\_\_\_ №5

Число скоростей шпинделя \_\_\_\_\_ 18

Частота вращения шпинделя, об/мин \_\_\_\_\_ 40- 2000

Число подач стола \_\_\_\_\_ 6/с

Подача стола, мм/мин

    продольная и поперечная \_\_\_\_\_ 10-1200

    вертикальная \_\_\_\_\_ 10- 1200

Скорость быстрого перемещения  
стола продольного, поперечного, вертикального, мм/мин \_\_\_\_\_ 2400

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт \_\_\_\_\_ 7,5

Устройство ЧПУ \_\_\_\_\_ 2С42

Число управляемых координат \_\_\_\_\_ 3

    одновременно \_\_\_\_\_ 2

Дискретность отсчета координат, мм \_\_\_\_\_ 0,01

## **Операция 025**

Техническая характеристика вертикально-сверлильного станка 2Р135Ф2

Наиб. условный диаметр сверления в стали, мм \_\_\_\_\_ 35

Рабочая поверхность стола, мм \_\_\_\_\_ 400x710

Наиб. расстояние от торца шпинделя до рабочей  
поверхности стола, мм \_\_\_\_\_ 600

Вылет шпинделя, мм \_\_\_\_\_ 450

Наиб. вертикальное перемещение  
револьверной головки, мм \_\_\_\_\_ 560

Конус Морзе шпинделя \_\_\_\_\_ 4

Число скоростей шпинделя \_\_\_\_\_ 12

Частота вращения шпинделя, об/мин \_\_\_\_\_ 45-2000

Число подач шпинделя  
( револьверной головки ) \_\_\_\_\_ 18

Подача шпинделя, мм/мин \_\_\_\_\_ 10 - 500

Мощность электродвигателя главного движения, кВт \_\_\_\_\_ 3,7

Система ПУ \_\_\_\_\_ 2П32

Число управляемых координат \_\_\_\_\_ 3  
одновременно \_\_\_\_\_ 2

Точность межосевых расстояний отверстий  
образца после чистовой обработки, мкм \_\_\_\_\_ 8

Дискретность задания линейных размеров, мм \_\_\_\_\_ 0,010

Операция 030

Краткая техническая характеристика

круглошлифовального станка с ЧПУ мод. ЗМ153ВФ20

Предельные размеры

устанавливаемой заготовки, мм:

наибольший диаметр \_\_\_\_\_ 140

наибольшая длина \_\_\_\_\_ 500

Размеры шлифовального круга, мм

наружный диаметр \_\_\_\_\_ 500

внутренний диаметр \_\_\_\_\_ 203

высота \_\_\_\_\_ 63

Бесступенчатое регулирование скорости стола, м/мин \_\_\_\_\_ 0,0001...5,0

Точность установки стола при позиционировании, мм \_\_\_\_\_ 0,01

Скорость быстрого подвода, отвода,  
быстрого перегона шлифовальной бабки, м/мин \_\_\_\_\_ 1

Частота вращения шлиф, круга, об/мин \_\_\_\_\_ 1910

Дискретность задания перемещения шлифовальной бабки (ось X), мкм \_\_\_\_\_ 1

Диапазон скоростей подач шлифовальной бабки, мм/мин \_\_\_\_\_ 55...900  
(бесступенчатое регулирование)

Система ЧПУ - позиционная со свободным программированием алгоритмов

Модель \_\_\_\_\_ 2C42 - 65

Способ задания программы \_\_\_\_\_ Перфолента и клавиатура  
системы ЧПУ

Число программируемых координат \_\_\_\_\_ 2

Число одновременно программируемых координат \_\_\_\_\_ 1

Мощность привода шлиф, круга, кВт \_\_\_\_\_ 7

### **3. Оснастка, применяемая в разработанном техпроцессе:**

#### **Операция 005**

Режущий инструмент:

1) Фреза торцевая Ø125 T5K10

04.2.059.000-01      ТУ2-035 - 874 - 82

2) Сверло центровочное Ø4 Р6Н5

2317-0107      ГОСТ 14952 - 75

Мерительный инструмент:

1) ШЦ I – 0,1 – 125      ГОСТ 166-89

2) ШЦ II – 0,05 – 400    ГОСТ 166-89

### **Операция 010**

Режущий инструмент:

1) Резец проходной  $\varphi = 105^\circ$  Т5К10 специальный

2) Резец канавочный  $b = 5$  мм Т15К6 специальный

Мерительный инструмент:

1) ШЦ I - 0,1 - 125      ГОСТ 166 - 89

2) ШЦ II - 0,05 - 400      ГОСТ 166 - 89

3) Скоба Ø70,6 - 0,1 специальная

### **Операция 015**

Режущий инструмент:

1) Резец проходной  $\varphi = 105^\circ$  Т5К10 специальный

2) Резец канавочный  $b + 0,3$  Т15К6 специальный

Мерительный инструмент

1) ШЦ I - 0,1 - 125      ГОСТ 166 -89

2) ШЦ II - 0,05 - 400      ГОСТ 166 - 89

### **Операция 020**

Режущий инструмент:

- 1) Фреза дисковая Ø50 P6M5 специальная

Мерительный инструмент:

- 1) ШЦ I - 0,1 - 125 ГОСТ 166-89

### **Операция 030**

Режущий инструмент:

- 1) Шлифовальный круг ПП 500 × 203 × 63  
14 А40 СТ 16К ГОСТ 2424 - 80

Мерительный инструмент:

- 1) Скоба Ø70 f7 8113 - 0149 ГОСТ 18362 - 73
- 2) Скоба Ø70 d8 8113 - 0149 ГОСТ 18362 - 73

## **БЛОК № 5**

**1. Тема занятия:** «Расчет операционных, общих припусков и операционных размеров с допуском расчетно-аналитическим методом на обработку одной поверхности заданной детали «Вал» по установленному тех. процессу».

**2. Цель занятия:** получение практических навыков в расчете операционных, общих припусков и операционных размеров с допусками расчетно - аналитическим методом; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Сведения о серийности производства - производство серийное.

3.3. Отчеты по практическим занятиям № 1 - 4

3.4. Чертежные принадлежности.

3.5. Микрокалькуляторы

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентами при подготовке к практическому занятию № 5**

4.1. В.В. Данилевский «Технология машиностроения» М., Высшая школа, 1984г.

4.2. А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков «Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении»; Справочник; М., Маш., 1976г.

4.3. ГОСТ 7505 - 89; ГОСТ 26645 - 85.

## 5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия № 5

Припуски на мех. обработку - это слой металла, срезаемый или пластически деформируемый в процессе обработки заготовки для получения заданной формы, размеров и качества поверхностей.

**Операционный припуск** - это слой металла, срезаемый или пластически деформируемый при выполнении определенного технологического перехода.

**Общий припуск** - это суммарная величина общих припусков по всему технологическому маршруту обработки заданной поверхности.

Расчет припусков аналитическим способом производится по методике профессора В.М Кована. При каждом выполняемом технологическом переходе механической обработки необходимо предусмотреть минимальный припуск, достаточный для ликвидации имеющихся погрешностей выполняемого перехода, влияющих на припуск.

Расчет минимальных припусков в зависимости от вида обработки производится по формулам, приведенным в таблице 1:

Таблица 1. Формулы расчета припусков в зависимости от вида обработки.

| Вид обработки  | Расчетная формула  |
|--|--|
| 1  | 2  |
| 1. Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей. | $Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + E_i$                            |
| 2. Параллельная обработка противоположных плоскостей.                                  | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1} + p_{i-1} + E_i)$                          |
| 3. Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения.                            | $2Z_{imin} = 2 \left( R_{zi} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + E_i^2} \right)$ |



Продолжение Таблицы 1

| 1   | 2  |
|---|--|
| 4. Обтачивания цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование.  | $2Z_{imin} = 2(Rz_i + T_i - 1 + p_i - 1)$  |
| 5. Развертывание плавающей развёрткой, протягивание отверстий.  | $2Z_{imin} = 2(Rz_i + T_i - 1)$  |
| 6. Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка).  | $2Z_{imin} = 2Rz_i - 1$  |
| Шлифование после термообработки:<br>А) при наличии<br><br>Б) при отсутствии   | $Z_{imin} = Rz_i - 1 + p_i - 1 + E_i$<br>$2Z_{imin} = 2(Rz_i - 1 + p_i - 1 + E_i)$<br>$Z_{imin} = Rz_i - 1 + p_i - 1$<br>$2Z_{imin} = 2(Rz_i - 1 + p_i - 1)$ |
| <p>В этих формулах:</p> <p><math>Z_{imin}</math> - минимальный припуск на данном технологическом переходе.</p> <p><math>Rz_i - 1</math> - величина микро неровностей, получаемых на предшествующем переходе.</p> <p><math>T_i - 1</math> - величина (глубина) дефектного слоя, полученного на предшествующем переходе.</p> <p><math>p_i - 1</math> - величина пространственных отклонений, полученная на предшествующем переходе.</p> <p><math>E_i</math> - погрешность установки на данном технологическом переходе.</p> <p>После определения значений <math>Rz</math>, <math>T</math>, <math>p</math>, <math>\epsilon_y</math>, <math>\delta</math> (предельных отклонений) и расчетных величин <math>Z_{min}</math> на технологические переходы, расчет межоперационных размеров производится в следующей последовательности</p> |  |

| Для наружных поверхностей валов  | Для внутренних поверхностей (отверстий)   |
|--|---|
| 1  | 2   |
| 1. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу   | 1. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер детали по чертежу  |
| 2. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему размеру по чертежу расчетного припуска $Z_{\min}$   | 2. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска $Z_{\min}$   |
| 3. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_{\min}$  | 3. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода вычитанием из расчетного размера следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_{\min}$  |
| 4. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с какими дан припуск (предельные отклонения) на размер для каждого перехода | 4. Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан припуск (предельные отклонения) на размер для каждого перехода |
| 5. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру  | 5. Определить наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего предельного размера   |

Продолжение таблицы 2

| 1   | 2   |
|---|---|
| 6. Записать предельные значения припусков $Z_{\max}$ как разность наибольших предельных размеров и $Z_{\min}$ как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемых переходов   | 6. Записать предельные значения припусков $Z_{\max}$ как разность наибольших предельных размеров и $Z_{\min}$ как разность наименьших предельных размеров выполняемого на предшествующего переходов |
| <p>7. Определить общие припуски <math>Z_{\max}</math> и <math>Z_{\min}</math>, суммируя промежуточные припуски на обработку.</p> <p>8. Провести проверку правильности произведенных расчетов по формулам:</p> $Z_i \max - Z_i \min = S_{i-1} - S_i$ $2Z_i \max - 2Z_i \min = S_{di-1} - S_{di}$ $Z_{0\max} - Z_{0\min} = S_3 - S_d$ $2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = S_{дз} - S_{дд}$ |   |
| 9. Определить общий номинальный припуск по формулам<br>$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + H_3 = H_d$<br>$2Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + H_{дз} = H_{дд}$   | 9. Определить общий номинальный припуск по формулам:<br>$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + B_3 - B_d$<br>$2Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + B_{дз} - B_{дд}$  |

## 6. Порядок выполнения работы.

- 6.1. Проанализировать исходные данные для расчета припусков.
- 6.2. Выполнить расчет припусков, заполняя 12 граф расчетной таблицы, проводя подробные пояснения каждой граф (в соответствии с проводимым примером).
- 6.3. Провести проверку выполненного расчета.
- 6.4. Сформулировать вывод выполненной работы.

## **7. Вопросы для самопроверки**

- 7.1. Дайте определение припуска на механическую обработку.
- 7.2. Какие виды припусков Вы знаете?
- 7.3. Каково влияние припуска на экономичность процесса обработки?
- 7.4. Факторы, влияющие на величину припуска?
- 7.5. Какие методы определения припусков вы знаете? Сущность этих методов.

## **8. Домашнее задание:**

- 8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 5
- 8.2. Подготовиться к сдаче отчета по практическому занятию № 5
- 8.3. Повторить теоретический материал, изученный при подготовке к практическому занятию.

## **9. Схема отчета**

Практическое занятие № 5

Тема занятия:

Материальное обеспечение:

Выполнение работы.

Пример выполнения расчет припусков, расчетно-аналитическим методом на обработку наружной цилиндрической поверхности (пр.з. № 5)

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ

Расчет припусков и установление операционных размеров и допусков на них. Рассчитываем аналитическим способом припуски на обработку наружного  $\varnothing 70 f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,06 \end{smallmatrix} \right)$

Минимальные припуски на обработке наружных и внутренних поверхностей вращения.

$$2Z_{i\min} = 2 \left( Rz_{i-1} + Ti_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right); \quad [4.2 \text{ с.163}] (1)$$

где  $Rz_{i-1}$ ,  $Ti_{i-1}$ ,  $p_{i-1}$  - соответственно высота микронеровностей, глубина дефектного поверхностного слоя и суммарное значение пространственных отклонений на предшествующем переходе и  $\varepsilon_{yi}$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

1) Пользуясь чертежами и технологическим процессом записываем в расчетную карту в графу 1 обрабатываемую поверхность и порядок её обработки начиная от заготовки:

Заготовка

Точение черновое

Точение чистовое

Шлифование

2) Находим нормативные значения  $Rz_{i-1}$  и  $Ti_{i-1}$  и записываем их в графы 2 и 3:

Заготовка

$Rz_{i-1} = 0,4 \text{ мм}$

$Ti_{i-1} = 0,4 \text{ мм}$

[4.2 с 167]

Точение черновое

$$R_{zi-1} = 0,1 \text{ мм}$$

$$T_{i-1} = 0,1 \text{ мм}$$

Точение чистовое

$$R_{zi-1} = 0,05 \text{ мм}$$

$$T_{i-1} = 0,05 \text{ мм}$$

3) Рассчитываем пространственные отклонения и погрешность установки и записываем их в графы 4 и 5:

$$P_3 = \sqrt{p_{\text{л}}^2 + p_{\text{см}}^2}, \text{ мм} \quad [4.2 \text{ с. 167}] (2)$$

где  $P_n = 0,6 \text{ мм}$  - допуск коробления ГОСТ 7505-89

$P_{\text{см}} = 0,3 \text{ мм}$  - допуск смещения ГОСТ 7505-89

$$P_3 = \sqrt{0,6^2 + 0,3^2} = 0,670 \text{ мм}$$

Величина остаточной кривизны после обработки.

$$P_i = K_{yi} \cdot p_3 \quad [4.2 \text{ с. 167}] (3)$$

$$K_{y1} = 0,06 \quad [4.2 \text{ с. 181}]$$

$$K_{y2} = 0,05$$

$$p_1 = 0,06 \cdot 0,67 = 0,040 \text{ мм}$$

$$p_2 = 0,05 \cdot 0,67 = 0,033 \text{ мм}$$

Погрешность установки заготовки в центрах равна погрешности зацентровки на фрезерно - центровальной операции

$$\varepsilon_y = 0,25 \sqrt{\delta^2 + 1}, \text{ мм} \quad [4.2 \text{ с. 171}] (4)$$

где  $\delta = 3,2 \text{ мм}$  - допуск на базовый диаметр на фрезерно-центровальной операции

$$\varepsilon_y = 0,25 \sqrt{3,2^2 + 1} = 0,838 \text{ мм}$$

Далее принимаем  $\varepsilon_{yi} = 0$  ввиду отсутствия переустановок и малой величины.

4) Определяем минимальные припуски по технологическим переходам

$$2Z_{1\text{min}} = 2 \left( 0,4 + 0,4 + \sqrt{0,67^2 + 0,838^2} \right) = 3,746 \text{ мм}$$

$$2Z_{2\text{min}} = 2 (0,1 + 0,1 + 0,04) = 0,48 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\text{min}} = 2 (0,05 + 0,05 + 0,033) = 0,266 \text{ мм}$$

5) Записываем в графу 7 для конечного перехода наш предельный размер по чертежу детали:

$$d_{\min} = 70 - 0,06 = 69,94 \text{ мм}$$

6) Для перехода, предшествующему конечному, определяем расчетный размер и записываем в графу 7:

$$d_{1p} = 69,94 + 0,266 = 70,206 \text{ мм}$$

$$d_{2p} = 70,206 + 0,48 = 70,686 \text{ мм}$$

$$d_{3p} = 70,686 + 3,746 = 74,432 \text{ мм}$$

7) Записываем в графу 9 наши предельные размеры по всем переходам, округляя их до последних цифр допуска на них.

$$d_{1\min} = 70,2 \text{ мм}$$

$$d_{2\min} = 70,7 \text{ мм}$$

$$d_{3\min} = 74,4 \text{ мм}$$

8) Записываем в графу 10 наибольшие предельные размеры по всем переходам:

$$d_{1\max} = 70,2 + 0,1 = 70,3 \text{ мм}$$

$$d_{2\max} = 70,7 + 0,2 = 70,9 \text{ мм}$$

$$d_{3\max} = 74,4 + 3,2 = 77,6 \text{ мм}$$

9) Определяем предельные значения припусков и записываем их в графы 11 и 12.

$$2Z_{1\min} = 70,2 - 69,94 = 0,26 \text{ мм}$$

$$2Z_{1\max} = 70,3 - 69,97 = 0,33 \text{ мм}$$

$$2Z_{2\min} = 70,7 - 70,2 = 0,5 \text{ мм}$$

$$2Z_{2\max} = 70,9 - 70,3 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\min} = 74,4 - 70,7 = 3,7 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\max} = 77,6 - 70,9 = 6,7 \text{ мм}$$

10) Определяем общие припуски на обработку, суммируя промежуточные припуски:

$$2Z_{0\min} = 0,26 + 0,5 + 3,7 = 4,46 \text{ мм}$$

$$2Z_{0\max} = 0,33 + 0,6 + 6,7 = 7,63 \text{ мм}$$

11) Проверяем правильность расчетов:

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta \quad [4.2 \quad \text{с.} \\ 164] (5)$$

где  $\delta_{i-1}$ ,  $\delta$  – соответственно допуски на размеры на предшествующем и выполняемом переходе.

$$0,33 - 0,26 = 0,1 - 0,03$$

$$0,6 - 0,5 = 0,2 - 0,1$$

$$6,7 - 3,7 = 3,2 - 0,2$$

Расчет произведен верно.



Таблица1 - Расчетная карта

| Технологические<br>переходы<br>обработки<br>$\varnothing 70f7(-0,03/-0,06)$ | Элементы припуска, мм |       |       |       | Расчетный<br>припуск<br>2 Zimin<br>мм | Расчетный<br>размер<br>мм | Допуск<br>мм | Предельные<br>размеры мм |       | Предельные<br>припуски мм |        |
|---|-----------------------|-------|-------|-------|---------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|-------|---------------------------|--------|
|   | Rzi-1                 | Ti -1 | pi-1  | εyi   |                                       |                           |              | dmin                     | dmax  | 2Zimin                    | 2Zimax |
| 1   | 2                     | 3     | 4     | 5     | 6                                     | 7                         | 8            | 9                        | 10    | 11                        | 12     |
| Заготовка   | 0,4                   | 0,4   | 0,67  | ----- | -----                                 | 74,432                    | 3,2          | 74,4                     | 77,6  | -----                     | -----  |
| Точение черновое  | 0,1                   | 0,1   | 0,04  | 0,838 | 3,746                                 | 70,686                    | 0,2          | 70,7                     | 70,9  | 3,7                       | 6,7    |
| Точение чистовое  | 0,05                  | 0,05  | 0,033 | ----- | 0,48                                  | 70,206                    | 0,1          | 70,2                     | 70,3  | 0,5                       | 0,6    |
| Шлифование  | -----                 | ----- | ----- | ----- | 0,266                                 | 69,94                     | 0,03         | 69,94                    | 69,97 | 0,26                      | 0,33   |
|   |                       |       |       |       |                                       |                           |              |                          |       | 4,46                      | 7,63   |

## **БЛОК № 6**

**1. Тема занятия:** «Подробная разработка одной (характерной) операции разработанного тех. процесса обработки заданной детали «Вал» с расчетом режимов резания по переходам табличным методом и технически обоснованной нормы времени на операцию».

**2. Цель занятия:** получение практических навыков в расчете режимов резания по переходам характерной операции тех. процесса табличным методом и технически обоснованной нормы времени на операцию; подготовиться к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертёж (эскиз) детали «Вал».

3.2. Сведения о серийности производства - производство серийное.

3.3. Разработанный тех. процесс мех. обработки детали «Вал»  
(отчеты по пр. зан. № 1 - 5)

3.4. Данные о характере операции.

3.5. Паспорта (тех. характеристики) станков разработанного тех. процесса.

3.6. Стандарты на режущий, контрольно - измерительный, вспомогательный.

3.7. Калькуляторы.

4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан к практическому занятию № 6

4.1. Справочник технолога машиностроителя, Т.2, Т.1, под ред. Г.А. Косиловой, Р.К. Мещеркова, М., Маш., 1972г.

4.2. Нормативы режимов резания при работе на станках с ЧПУ., Днепропетровск, 1985г.

4.3. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ., часть 1, М., Экономика, 1990г.

## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия № 6**

При одноступенчатой обработке расчет режима резания производится в следующей последовательности:

1. Выбирается режущий инструмент, и устанавливаются его геометрические параметры.

2. Определяется глубина резания в зависимости от припуска.

3. Назначается подача. Рекомендуемая подача проверяется лимитирующими факторами, т.е. заданной чистотой обрабатываемой поверхности, прочностью державки режущего инструмента, прочностью пластинки твердого сплава, жесткостью обрабатываемой заготовки, прочностью механизма подачи станка.

Проверка подачи по лимитирующим факторам производится только для черновых операций, которые осуществляются с большими усилиями резания и крутящими моментами. Выбранная подача корректируется по паспортным данным станка.

4. Назначается период стойкости режущего инструмента.

5. Определяется скорость резания. Вводятся поправочные коэффициенты на скорость резания при измененных условиях резания.

6. Определяется число оборотов шпинделя, соответствующее найденной скорости резания.

7. Число оборотов шпинделя корректируется по паспортным данным станка.

8. Определяется действительная скорость резания.

9. Определяется мощность, затрачиваемая на резание; полученная мощность сравнивается с мощностью привода станка.

10. Определяется основное (технологическое) время. Расчет режимов резания производится для каждого перехода операции с ЧПУ, как правило.

Определив суммарное основное технологическое время на операцию в целом производится расчет нормы времени на выбранную операцию с ЧПУ.

При этом определяется:

1. Машино - вспомогательное время;
2. Время цикла автоматической работы станка по программе.
3. Возможность многостаночного обслуживания.
4. Вспомогательное время, неперекрываемое временем автоматической работы станка.
5. Штучное время.
6. Подготовительно - заключительное время.
7. Штучно - калькуляционное время.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Производится анализ исходных данных.

6.2. Произвести расчет режимов резания и норм времени согласно п.5 данной инструкции.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. В какой последовательности производится назначение режимов резания на переход тех. операции?

7.2. От чего зависит основное технологическое время на операцию?

7.3. Какова методика нормирования операции с ЧПУ и универсальной операции?

7.4. Какие категории времени включаются в штучное время?

7.5. Что такое подготовительно - заключительное время?

## **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 6

8.2. Подготовиться к сдаче отчета по работе.

8.3. Повторить теоретический материал по теме практического занятия.

## 9. Схема отчета.

### Практическое занятие № 6

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

Выполнение работы. (согласно п. 5 инструкции)

Пример выполнения работы № 6

### ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Подробная разработка операции 015 Токарной с ЧПУ разработанного тех. процесса.

1.1. Расчет режимов резания на переходы операции 015 Токарной с ЧПУ.

Операция 015 Токарная с ЧПУ.

Оборудование: станок мод. 16K20Ф3

Приспособление: поводковый патрон

Технологические базы: центровые отверстия, торец.

Переход 1. Установить, закрепить и снять деталь

Переход 2. Точить пов.  $\varnothing 72$ , торец предварительно.

Переход 3. Точить фаску  $2 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 72_{-0,318}^{-0,038}$ , торец в р-р  $80^{\pm 0,2}$

Переход 4. Точить канавку  $6 + 0,3$  до  $\varnothing 68 - 0,4$

Инструмент режущий: 1) резец проходной  $\varphi = 105^\circ$  T5K10 спец.

2) резец канавочный  $6 + 0,3$  T15K6 спец.

Инструмент измерительный: 1) ШЦІ -  $0,1 \div 125$  ГОСТ 166-89

2) ШЦІІ -  $0,05 \div 400$  ГОСТ 166-89

Расчет режимов резания на переход 2 операции 015

аналитическим методом.

Переход 2. Точить поверхность Ø72, торец предварительно.

Глубина резания:

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{ мм} \quad (1)$$

где D – диаметр заготовки, мм

d – диаметр детали, мм

$$t = \frac{79-72}{2} = 3,5 \text{ мм} \quad i=1$$

где i – число проходов инструмента.

Для перехода 2: t = 2,5 мм (с учетом перехода 3).

#### 1.1.2. Подача резца

$$S_o = S_T \cdot k_s, \text{ мм/о} \quad (2)$$

где  $S_T$  – табличное значение подачи, мм/об [4.1, с.266]

$k_s$  – поправочный коэффициент на подачу [4.1, с.266]

$$S_T = 0,5 \dots 1,1 \text{ мм/об}$$

Принимаем по паспорту  $S_T = 0,8 \text{ мм/об}$

1.1.3. Период стойкости резца T: при одноинструментальной обработке T = 30...60 мин. Для высоты сечения державки H = 25 мм резцов с пластиной тв. сплава T = 30 мин.

#### 1.1.4. Скорость главного движения резания V:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot k_V, \text{ м/мин} \quad (3)$$

где CV; m; x; y - [4.1, с.269...270]

$k_v$  – поправочный коэффициент на скорость резания

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{\varphi_v} \cdot K_{\varphi_{1v}} \quad (4)$$

где  $K_{m_v} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^n$  [4.1, с.261...262]

$$K_{m_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{460} \right)^1 = 1,63$$

$$K_{u_v} = 0,65; K_{n_v} = 0,8; K_{\varphi_v} = 0,7; K_{\varphi_{1v}} = 0,91$$

$$K_v = 1,63 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,91 = 0,54$$

$$V = \frac{340}{30^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,54 = 86 \text{ м/мин}$$

1.1.5. Частота вращения шпинделя n:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1} \quad (5)$$

где D – диаметр заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 86}{3,14 \cdot 107} = 256 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем по паспорту станка:  $n_g = 250 \text{ мин}^{-1}$

1.1.6. Действительная скорость резания  $V_g$ :

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000}, \text{ м/мин} \quad (6)$$

$$V_g = \frac{3,14 \cdot 107 \cdot 250}{1000} = 84 \text{ м/мин}$$

1.1.7. Скорость подачи резца  $V_s$ :

$$V_s = n_g \cdot S_o, \text{ мм/мин} \quad (7)$$

$$V_s = 250 \cdot 0,8 = 200 \text{ мм/мин}$$

1.1.8. Проверка выбранного режима резания ( $t$ ,  $S_o$ ,  $V_g$ ,  $V_s$ ) по мощности станка.

$$N_p \leq N_{шт} \quad (8)$$

где  $N_p$  – мощность, затрачиваемая на резание с расчетными режимами, кВт.

$N_{шт}$  – мощность шпинделя станка, кВт

$$N_p = \frac{P_z \cdot V_g}{60 \cdot 102}, \text{ кВт} \quad (9)$$

где  $P_z$  – главная составляющая силы резания, кГс

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ кГс} \quad (10)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  - [4.1, с.273...274]

$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p}$  - коэффициенты, учитывающие условия обработки  
[4.1, с.275]



$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n ; \quad n - \text{степень} \quad [4.1, \text{с.264}]$$

$$K_{\text{мр}} = \left( \frac{460}{750} \right)^{0,75} = 0,69$$

$$K_{\varphi_p} = 0,89 ; K_{\gamma_p} = 1 ; K_{\lambda_p} = 1.$$

$$C_p = 300; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15$$

$$K_p = 0,69 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,61$$

$$P_z = 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 84^{-0,15} \cdot 0,61 = 272 \text{кГс}$$

$$N_p = \frac{272 \cdot 84}{60 \cdot 102} = 3,7 \text{кВт}$$

$$N_{\text{шп.}} = N_{\text{м}} \cdot \eta, \quad \text{кВт} \quad (11)$$

где  $N_{\text{м}}$  – мощность электродвигателя по паспорту станка, кВт

$\eta$  – к.п.д. станка по паспорту.

Для станка мод. 16К20Ф3:  $N_{\text{м}} = 11 \text{кВт}$ ;  $\eta = 0,85$

$$N_{\text{шп.}} = 11 \cdot 0,85 = 9,35 \text{ кВт}$$

Таким образом:  $3,7 < 9,35$

И так: для перехода 2:

$$t = 2,5 \text{мм}; \quad i = 1; \quad V_g = 84 \text{м/мин}; \quad V_s = 200 \text{мм/мин}; \quad n_g = 250 \text{ мин}^{-1}; \quad N_p = 3,7 \text{ кВт}$$

1.1.9. Основное технологическое время  $T_o$ :

$$T_o = \frac{L}{V_s} \cdot i, \quad \text{мин} \quad (12)$$

где  $L$  – длина рабочего хода резца, мм

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм} \quad (13)$$

где  $y + \Delta$  - врезание и перебег резца, мм ( $y + \Delta = 5 \text{ мм}$ )

$l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм

$$l = 80 + 17,5 = 97,5 \text{ мм}$$

$$L = 97,5 + 5 = 102,5 \text{ мм}$$

$$T_{02} = \frac{102,5}{200} \cdot 1 = 0,51 \text{ мин}$$

Расчет режимов резания на переходы 3 и 4 операции 015  
табличным методом.

Переход 3. Точить фаску  $2 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 72_{-0,318}^{+0,038}$ , торец в р-р  $80^{\pm 0,2}$

$$- t = 1 \text{ мм}$$

$$- S_o = S_T \cdot K_s = 0,3 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ мм/об. По паспорту } S_o = 0,25 \text{ мм/об.}$$

$$- T = 30 \text{ мин}$$

$$- V = V_T \cdot K_V = 118 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,25 = 140 \text{ м/мин}$$

$$- n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 100} = 446 \text{ мин}^{-1}$$

$$- n_g = 400 \text{ мин}^{-1}$$

$$- V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 400}{1000} = 126 \text{ м/мин}$$

$$- V_s = n_g \cdot S_o = 400 \cdot 0,25 = 100 \text{ мм/мин}$$

$$- N_p = 2,9 \text{ кВт. } N_{шп} = 9,35 \text{ кВт. } N_p < N_{шп}$$

$$- T_{03} = \frac{L}{V_s} \cdot i = \frac{105}{100} \cdot 1 = 1,05 \text{ мин}$$

Переход 4. Точить канавку  $6 + 0,3$  до  $\varnothing 68 - 0,4$

$$- t = 6 \text{ мм}$$

- $S_o = S_T \cdot K_s = 0,15 \cdot 1 \cdot 0,65 = 0,098$  мм/об. По паспорту  $S_o = 0,09$  мм/об
- $T = 30$  мин.
- $V = V_T \cdot K_v = 121 \cdot 1,15 \cdot 1,1 = 153$  м/мин.
- $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 153}{3,14 \cdot 72} = 677 \text{ мин}^{-1}$
- $n_g = 630 \text{ мин}^{-1}$
- $V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 72 \cdot 630}{1000} = 142 \text{ м/мин}$
- $V_s = n_g \cdot S_o = 630 \cdot 0,09 = 57 \text{ мм/мин}$
- $T_{o4} = \frac{L}{V_s} \cdot i = \frac{5}{57} \cdot 1 = 0,09$  мин
- $\Sigma T_{o_{2-4}} = 0,51 + 1,05 + 0,09 = 1,65 \text{ мин}$

### Расчет технически обоснованной нормы времени

#### Исходные данные:

Деталь: Вал

Вид заготовки: штамповка

Масса заготовки:  $m_z = 16,7$  кг.

Способ установки и крепления заготовки: в центрах с самозажимным поводковым патроном с подводом задней бабки пневматическим устройством.

Число деталей в партии:  $n_d = 100$  шт.

Количество переходов (количество обрабатываемых поверхностей до разрыва)  $n = 3$

Количество режущих инструментов  $K = 2$

Основное технологическое время на операцию токарную с ЧПУ  $T_o = 1,65$  мин.

1) Определение машинно-вспомогательного времени на операцию токарную с ЧПУ:

$$T_{мв} = T_{мв1} + T_{мв2} + T_{мв3}, \text{ мин.} \quad (1)$$

где  $T_{мв1}$  - время на одновременное ускоренное перемещение рабочих органов станка

по осям  $Z$  и  $X$ , мин.

$T_{мв2}$  - время установочное, мин.

$T_{мв3}$  - время на поворот револьверной головки, мин.

$$T_{мв1} = 0,03 \cdot 2 \cdot (n + 1), \text{ мин.} \quad (2)$$

Где  $n$  - количество переходов;

$$T_{мв1} = 0,03 \cdot 2 \cdot (3 + 1) = 0,24 \text{ мин.}$$

$$T_{мв2} = 0,1 \cdot n, \text{ мин.} \quad (3)$$

$$T_{мв2} = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ мин.}$$

$$T_{мв3} = 0,02 \cdot K, \text{ мин.} \quad (4)$$

где  $K$  – количество режущих инструментов.

$$T_{мв3} = 0,02 \cdot 2 = 0,04 \text{ мин.}$$

$$T_{мв} = 0,24 + 0,3 + 0,04 = 0,58 \text{ мин.}$$

2) Определение времени цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{ца} = T_o + T_{мв}, \text{ мин.} \quad (5)$$

где  $T_o$  – основное технологическое время на токарную операцию с ЧПУ, мин

$$T_{ца} = 1,65 + 0,58 = 2,23 \text{ мин}$$

3) Определение возможности многостаночного обслуживания:

$$S_M = \left( \frac{T_{ца}}{T_{в\gamma+1}} + 1 \right) \cdot K_{гз}, \text{ ст.} \quad (6)$$

Где  $T_{ву}$  - вспомогательное время на установку и закрепление заготовки, мин.  
(таблица 1).

$K_{дз}$  – коэффициент нормативной занятости. Для серийного производства  
 $K_{дз} = 0,85$ .

Принимаем  $S_m \leq 3$  станка.

$$S_m = \left( \frac{2,23}{0,39+1} + 1 \right) \cdot 0,85 = 2,2 \text{ станка}$$

Принимаем  $S_m = 3$  станка

4) Определение вспомогательного времени, не перекрываемого временем автоматической работы станка по программе:

$$T_v = T_{ву} + T_{воп} + T_{визм}, \text{ мин} \quad (7)$$

где  $T_{ву}$  - вспомогательное время на установку и закрепление заготовки, мин.

$$T_{ву} = 0,39 \text{ мин}$$

$T_{воп}$  – вспомогательное время, связанное с операцией, мин.

$T_{воп} = 0,32 + 0,04 + 0,31 + 0,15 + 0,03 = 0,85 \text{ мин (const)}$  для операции токарной с ЧПУ.

$T_{визм}$  – вспомогательное время, связанное с контрольными операциями (таблица 2.)

Примечание: в таблице 2 для каждого измерительного инструмента дано время на измерение только одной поверхности, т.е.

$$T_{визм} = T_{изм} * i, \text{ мин.} \quad (8)$$

где

$i$  – количество контролируемых поверхностей.

$$T_{визм} = 0,1 * 4 = 0,4 \text{ мин}$$

$$T_v = 0,39 + 0,85 + 0,4 = 1,64 \text{ мин}$$

5) Определение штучного времени:

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{a_{орг} + a_{тех} + a_{отл}}{100}\right), \text{ мин} \quad (9)$$

Где

$K_{тв}$  – коэффициент вспомогательного времени  $K_{тв} = 1$

$a_{орг}$ ,  $a_{тех}$ ,  $a_{отл}$  – % от оперативного времени соответственно на организационное,

техническое обслуживание рабочего места и на отдых и личные нужды исполнителя.

$a_{орг} = 4\%$ ,  $a_{тех} = 4,7\%$ ,  $a_{отл} = 2\%$

$a_{орг}$ ,  $a_{тех}$  - таблица 3.

$$T_{шт} = (2,23 + 1,64 \cdot 1) \cdot \left(1 + \frac{4 + 4,7 + 2}{100}\right) = 4,05 \text{ мин}$$

6) Определение подготовительно -заключительного времени:

$$T_{п-з} = T_{п-з1} + T_{п-з2} + T_{п-з3}, \text{ мин} \quad (10)$$

где

$T_{п-з1}$  – время на организационную подготовку, мин

$T_{п-з1} = 17 \text{ мин (const)}$  – для токарного станка с ЧПУ.

$T_{п-з3}$  – время на наладку станка, приспособлений, инструмента и ПУ, мин.

$T_{п-з2} = 19,5 \text{ мин (таблица 4)}$

$T_{п-з3} = T_{шт}$  – время на пробную обработку детали, мин.

$T_{п-з3} = 4,05 \text{ мин.}$

$T_{п-з} = 17 + 19,5 + 4,05 = 40,55 \text{ мин}$

7) Определение штучно калькуляционного времени:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + (T_{п-з} / n_d), \text{ мин} \quad (11)$$

где  $n_d$  – число деталей в партии:  $n_d = 100$  штук.

$$T_{ш-к} = 4,05 + \frac{40,55}{100} = 4,46 \text{ мин}$$

Таблица 1 -Тву

| Способ установки и крепления детали   | Масса детали, кг до |      |      |      |      |      |      |                        |     |
|---|---------------------|------|------|------|------|------|------|------------------------|-----|
|   | Вручную             |      |      |      |      |      |      | Подъёмником при станке |     |
|   | 1                   | 3    | 5    | 8    | 12   | 20   | 30   | 80                     | 200 |
| 1   | 2                   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9                      | 10  |
| В самоцентрирующемся патроне с креплением ключом.   | 0,23                | 0,32 | 0,37 | 0,43 | 0,5  | 0,65 | 2,2  | 2,7                    | 3,2 |
| В самоцентрирующемся патроне с креплением гидropневмо -зажимом.                                 | 0,13                | 0,17 | 0,19 | 0,23 | 0,28 | 0,34 | 1,4  | 1,7                    | 1,9 |
| В самоцентрирующемся патроне с поджатием центра задней бабки.                                   | 0,38                | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,75 | 0,9  | 1,6  | 2,2                    | 2,9 |
| В самоцентрирующемся патроне с пневматическим зажимом с поджатием центра задней бабки           | 0,24                | 0,37 | 0,44 | 0,55 | 0,6  | 0,75 | 0,44 | 0,95                   | 1,5 |
| В центрах с самозажимным поводковым патроном с подводом задней бабки маховиком.                 | 0,22                | 0,26 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,43 | -    | -                      | -   |
| В центрах с самозажимным поводковым патроном с подводом задней бабки пневматическим устройством | 0,19                | 0,22 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,39 | -    | -                      | -   |

Таблица 2 – Тизм

| №<br>п/п | Измерительный инструмент                   | Измеряемый размер, мм<br>до | Тизм |
|----------|--|-----------------------------|------|
| 1        | Строка односторонняя предельная            | 50                          | 0,1  |
|          |  | 100                         | 0,13 |
|          |  | 200                         | 0,15 |
|          |  | 300                         | 0,16 |
|          |  | 500                         | 0,18 |
| 2        | Калибр - пробка неполный                   | 100                         | 0,25 |
|          |  | 200                         | 0,5  |
|          |  | 300                         | 0,7  |
| 3        | Калибр - пробка гладкий                    | До 50                       | 0,1  |
| 4        | Штангенциркуль                             | 100                         | 0,1  |
|          |  | 200                         | 0,3  |
|          |  | 300                         | 0,18 |
|          |  | 400                         | 0,21 |
|          |  | 600                         | 0,28 |
| 5        | Калибр - кольцо резьбовой проходной        | 20                          | 0,35 |
|          |  | 40                          | 0,42 |
|          |  | 60                          | 0,55 |
|          |  | 80                          | 0,6  |
|          |  | 100                         | 0,65 |
| 6        | Калибр - кольцо резьбовой                  | 20 - 100                    | 0,1  |
| 7        | Калибр - пробка резьбовой<br>двухсторонний | 10                          | 0,5  |
|          |  | 20                          | 0,55 |
|          |  | 40                          | 0,65 |
|          |  | 50                          | 0,75 |

Таблица 3

| Тип<br>станков | аорг   |      |      | атех |      |      |
|----------------|--|------|------|------|------|------|
|                | Количество станков<br>обслуживаемых одним<br>рабочим, Sm |      |      | Sm   |      |      |
|                | 1  | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    |
| Токарные       | 2,0%   | 2,6% | 4,0% | 4,0% | 4,2% | 4,7% |



Таблица 4 -Тпз2

| №<br>поз | Способ установки и крепления детали   | Тпз                     |      |      |      |      |      |
|----------|---|-------------------------|------|------|------|------|------|
|          |   | Количество инструментов |      |      |      |      |      |
|          |   | 1                       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 1        | В самоцентрирующемся патроне с креплением ключом.   | 23,2                    | 26,5 | 29,8 | 33,1 | 36,4 | 39,7 |
| 2        | В самоцентрирующемся патроне с креплением гидropневмо-зажимом.                                  | 26,0                    | 29,3 | 32,6 | 35,9 | 39,2 | 42,5 |
| 3        | В самоцентрирующемся патроне с поджатием центра задней бабки.                                   | 23,6                    | 26,9 | 30,2 | 33,1 | 36,8 | 40,1 |
| 4        | В самоцентрирующемся патроне с пневматическим зажимом с поджатием центра задней бабки           | 26,4                    | 29,7 | 33,0 | 36,3 | 39,6 | 42,9 |
| 5        | В центрах с самозажимным поводковым патроном с подводом задней бабки маховиком.                 | 18,8                    | 22,1 | 25,4 | 28,7 | 32,0 | 35,3 |
| 6        | В центрах с самозажимным поводковым патроном с подводом задней бабки пневматическим устройством | 16,2                    | 19,5 | 22,8 | 26,1 | 29,4 | 32,3 |

## **БЛОК № 7**

**1. Тема занятия:** Заполнение комплекта тех. документации обработки заданной детали «Вал».

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в заполнении комплекта тех. документации.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Чертеж заготовки.

3.3. Сведения о серийности производства.

3.4. Маршрутный тех. процесс обработки детали, выполненный ЕСТД.

3.5. Бланки маршрутных и операционно-технологических карт на механическую обработку детали.

3.6. Чертежные принадлежности.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию № 7:**

Л1 Данилевский В. В. «Технология машиностроения», М: Высшая школа, 1984г.

Л2 Метод. указание «курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения», г. Днепропетровск, 1990г.

Л3 Стандарты ЕСТД и ЕСТПП.

### **5. Общие теоретические положения по теме практического занятия №7:**

При проектировании тех. процессов для станков с ЧПУ производится переработка большого объема информации, которая представляется в виде различной технологической документации. Технологической документацией

называется комплект текстовых и графических документов, определяющих в отдельности или в совокупности тех. процесс изготовления изделия и содержащих данные, необходимые для организации производства.

Технологическая документация, используемая при решении рассматриваемых задач, делится на три группы:

- справочную;
- исходную;
- сопроводительную

Сопроводительная литература содержит картотеки сведений о станках с ЧПУ, режущем, вспомогательном, и измерительном инструменте, установочно-зажимных приспособлениях, характеристики свойств обрабатываемых материалов, нормативные данные по расчету припусков и посадок, режимов резания и нормирования, методические указания по расчету, кодированию, записи и редактированию УН.

Исходная информация описывает конструктивно-технологические особенности конкретной детали и ее обработки, и включает задания на программирования, маршрутную маршрутно - операционную карту, чертежи детали и заготовки.

Сопроводительная документация разрабатывается в процессе проектирования УП и содержит операционную карту и операционный чертеж детали, карты наладки станка и инструмента, операционно-технологическую карту с эскизом траектории инструментов, полученный на этапе контроля УП. Правила оформления документов на тех. процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ, и виды этих документов регламентированы ГОСТ 3.1418-82. В соответствии с этими стандартами при разработке и внедрении тех. процессов, операций и УП на обработку деталей на металлорежущих станках используют следующие основные виды документов:

- маршрутная карта;
- карта тех. процесса;
- операционная карта;
- карта наладки и инструмента;

- карта эскизов;
- карта кодирования информации и вспомогательных инструментов;
- карта заказа на разработку управляющей программы;
- ведомость обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ.

Комплектность тех. документации может меняться в зависимости от принятого на предприятии документоотбора и метода программирования – ручного или с использованием ЭВМ.

## **6. Вопросы для самопроверки**

- 6.1. Какие классы деталей по тех. классификации вы знаете?
- 6.2. В чем заключается анализ технологичности конструкции детали?
- 6.3. Назовите и охарактеризуйте типы машиностроительных производств.
- 6.4. Дайте определение производственному процессу.
- 6.5. Дайте понятие базированию заготовки.
- 6.6. Какие вы знаете тех. документы и для него они предназначены?
- 6.7. Назовите основные требования к заполнению маршрутных и операционных карт и карт эскизов.

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ПКТУ

Д571.335.01.07

Вал

Комплект технологической документации  
обработки детали - Вал

Разработал: А. И. Иванов

Проверил: И. А. Тарусова

Акт №

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|           |          |  |  |  |      |                 |  |  |  |
|-----------|----------|--|--|--|------|-----------------|--|--|--|
| Разраб.   | ИВАНОВ   |  |  |  | ПКТУ | ДБТТ. 335.01.07 |  |  |  |
| Пров.     | Тарусова |  |  |  |      |                 |  |  |  |
| Нормир.   |          |  |  |  |      |                 |  |  |  |
| Н. контр. |          |  |  |  |      | Вал             |  |  |  |

|      |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
|------|--------------------------------|-----------|------|---------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|----|----|----|------|------|-----|-----|-------|-----|
| МО1  | Сталь 25 ГОСТ 1050-88          |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
|      | Код                            | БВ        | МД   | ЕН      | Н. расх.                   | КИМ                            | Код загот.               | Профиль и размеры     |    |    |    | КД   | МЗ   |     |     |       |     |
|      | —                              | 166<br>кг | 13,3 | 1       | 16,7                       | 0,8                            | 41211Х.ХХХХ<br>штамповка | Ø 107 × 397           |    |    |    | 1    | 16,7 |     |     |       |     |
| М 02 | Цех                            | Уч.       | РМ   | Опер.   | Код, наименование операции |                                |                          | Обозначение документа |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| А    | Код, наименование оборудования |           |      |         |                            |                                | СМ                       | Проф.                 | Р  | УТ | КР | КОИД | ЕН   | ОП  | Кит | Тп.з. | Тшт |
| Б    |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| А 03 | XX                             | XX        | XX   | 005     | 4269                       | Фрезерно-центровальная ИОТ ХХХ |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| Б 04 | 38                             | 1825      | XXXX | 2Г942   |                            | 2                              | 18632                    | 4H                    | 1P | 1  | 1  | 1    | 100  | 1,0 | —   | —     |     |
| 05   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 06   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 07   | XX                             | XX        | XX   | 010     | 4114                       | Токарная с ЧПУ ИОТ ХХХ         |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 08   | 38                             | 1021      | XXXX | 16K20Ф3 |                            | 2                              | 15292                    | 3H                    | 1P | 1  | 1  | 1    | 100  | 1,0 | —   | —     |     |
| 09   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 10   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 11   | XX                             | XX        | XX   | 015     | 4114                       | Токарная с ЧПУ ИОТ ХХХ         |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 12   | 38                             | 1021      | XXXX | 16K20Ф3 |                            | 2                              | 15292                    | 3H                    | 1P | 1  | 1  | 1    | 100  | 1,0 |     |       |     |
| 13   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 14   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 15   | XX                             | XX        | XX   | 020     | 4261                       | Фрезерная с ЧПУ ИОТ ХХХ        |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |
| 16   | 38                             | 1611      | XXXX | 6P13Ф3  |                            | 2                              | 15292                    | 3H                    | 1P | 1  | 1  | 1    | 100  | 1,0 | —   | —     |     |
| МК   |                                |           |      |         |                            |                                |                          |                       |    |    |    |      |      |     |     |       |     |

4571.335.01.07

[illegible]

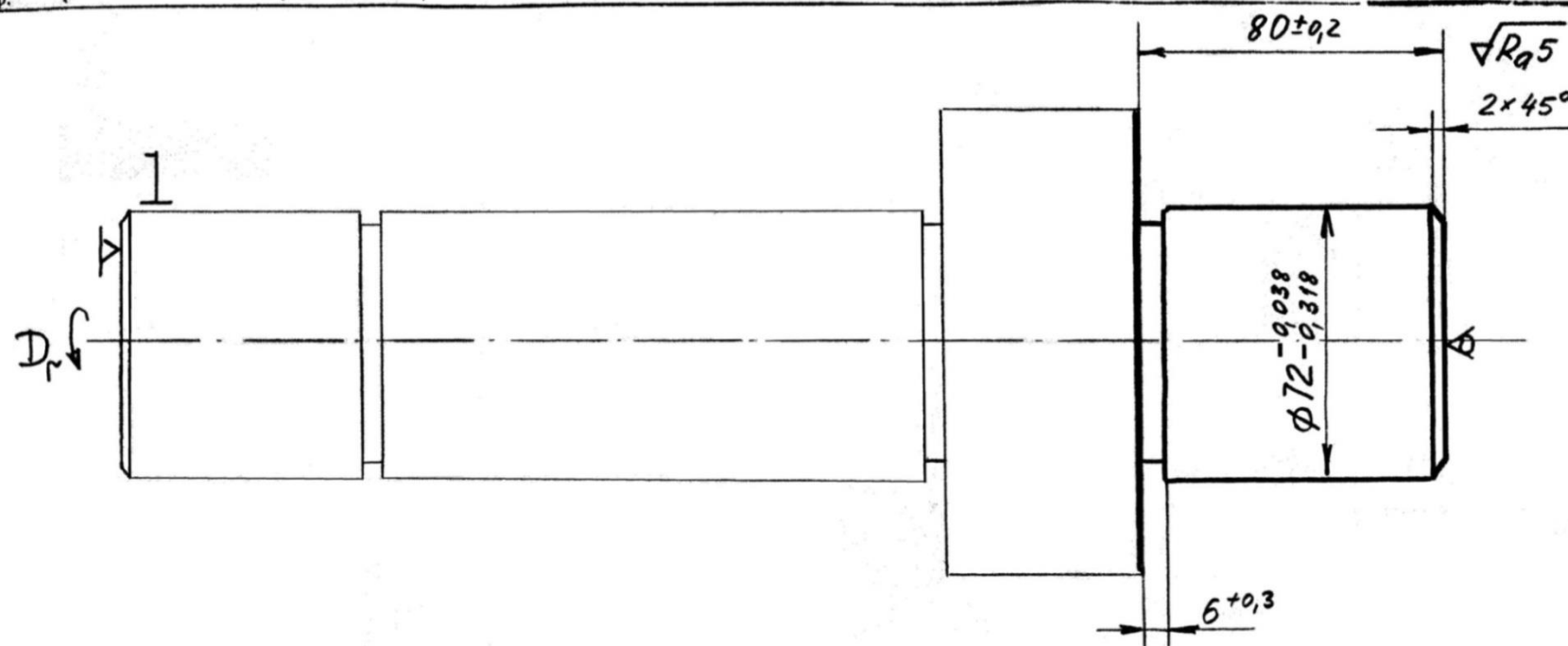


|                              |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
|------------------------------|----------|--|--|-----------------------|---------|-----|---|-----------|-----|-----------|------|-------------------|----------|---|---|------|------|---|-----|
| Дубл.                        |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Взам.                        |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Подп.                        |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Разраб.                      | Иванов   |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Пров.                        | Тарусова |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Нормир.                      |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Н. контр.                    |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   | 015 |
| Наименование операции        |          |  |  | Материал              |         |     |   | Твердость |     | ЕВ        | МД   | Профиль и размеры |          |   |   | МЗ   | КОИД |   |     |
| Токарная с ЧПУ               |          |  |  | Сталь 25 ГОСТ 1050-88 |         |     |   | HB ≤ 170  |     | 166<br>кг | 13,3 | φ 107 × 397       |          |   |   | 16,7 | 1    |   |     |
| Оборудование, устройство ЧПУ |          |  |  | Обозначение программы |         |     |   | То        | Тв  |           | Тл.з | Тшт.              | Сож.     |   |   |      |      |   |     |
| 16K20Ф3                      |          |  |  | XXXXX. XXXXX          |         |     |   |           |     |           |      |                   | Эмульсия |   |   |      |      |   |     |
| Р                            |          |  |  | Пи                    | Д или В | L   | l | l         | l   | l         | l    | l                 | l        | l | l | l    | l    | l | l   |
| Ø1                           |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø2                           | 0        | A  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø3                           | T        | 392846. XXXX   | Приспособление - поборокковый патрон   |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø4                           |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø5                           | 0        | 2. Точить пов. φ 72, торец предварительно                  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø6                           | T        | 392104. XXXX   | Резец проходной φ = 105° ТСК10 специальный                                   |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø7                           | P        |  | XXX  | φ 107                 | 102,5   | 2,5 | 1 | 0,8       | 250 | 84        |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø8                           |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| Ø9                           | 0        | 3 Точить фаску 2 × 45°, φ 72 = 0,038, торец в р-р 80 ± 0,2 |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| 10                           | T        | 392104. XXXX   | Резец проходной φ = 105° ТСК10 спец, 393311. XXXX ШЦ I - 0,1-125 ГОСТ 166-89 |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| 11                           | P        |  | XXX  | φ 107                 | 105     | 1   | 1 |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| 12                           |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |
| 13                           |          |  |  |                       |         |     |   |           |     |           |      |                   |          |   |   |      |      |   |     |



|       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
|-------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Дубл. |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Взам. |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Подл. |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
|       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
|       |   |  |  |  |  |  |  |  |  | Д 571.335.01.07 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Р     | ПИ  |  |  |  |  |  |  |  |  |                 | Д или В |  |  |  |  |  |  |  |  |  | L | / | t | i | s | n | v |  |
| 1     |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø10   | 4 Точить канавку 6 <sup>+0,3</sup> до ф 68-0,4              |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø27   | 392104. XXXX Резец канавочный 6 <sup>+0,3</sup> Т15К6 спец. |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø3P   | XXX ф 72  |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø4    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø5    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø6    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø7    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø8    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Ø9    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 10    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 11    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 12    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 13    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 14    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 15    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 16    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 17    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 18    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| OK    |   |  |  |  |  |  |  |  |  |                 |         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |  |

|           |          |  |  |  |      |               |  |  |     |
|-----------|----------|--|--|--|------|---------------|--|--|-----|
| Дубл.     |          |  |  |  |      |               |  |  |     |
| Взам.     |          |  |  |  |      |               |  |  |     |
| Подл.     |          |  |  |  |      |               |  |  |     |
| Разраб.   | Иванов   |  |  |  |      |               |  |  |     |
| Пров.     | Тарусова |  |  |  |      |               |  |  |     |
| Нормир.   |          |  |  |  | ПКТУ | ДБМ.335.01.07 |  |  |     |
| Н. контр. |          |  |  |  |      | Вал           |  |  | 015 |



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

**Тема:** Разработать технологический процесс механической обработки детали типа «Фланец» в условиях серийного производства.

**Цель работы :** Разработка технологического процесса механической обработки детали фланец в условиях серийного производства.

Данное практическое занятие является комплексным заданием, состоящим из нескольких блоков:

**Блок 1-** «Краткое описание заданной детали «Фланец», технические условия. Описание химических и физико – механических свойств материала детали «Фланец». Качественный анализ технологичности конструкции детали «Фланец»

**Блок 2-** «Выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали «Фланец» с технико-экономическим обоснованием выбора заготовки (с учетом малоотходной технологии).

**Блок 3-** «Рассмотрение заводского технологического маршрута заданной детали «Фланец» и его критический анализ».

**Блок 4-** «Установление переработанного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбора оборудования, оснастки, их характеристика для заданной детали «Фланец»

**Блок 5-** «Расчет операционных, общих припусков и операционных размеров с допуском расчетно-аналитическим методом на обработку одной поверхности заданной детали «Фланец» по установленному тех. процессу»

**Блок 6-** «Подробная разработка одной (характерной) операции разработанного тех. процесса обработки заданной детали «Фланец» с расчетом режимов резания по переходам табличным методом и технико обоснованной нормы времени на операцию»

**Блок 7-** «Заполнение комплекта тех. документации обработки заданной детали «Фланец»

## **БЛОК №1**

**1. Тема занятия:** "Краткое описание заданной детали «Фланец», технические условия. Описание химических и физико-механических свойств материала детали «Фланец». Качественный анализ технологичности конструкции детали «Фланец».

**2. Цель занятия:** закрепление теоретических знаний, полученных при изучении материала, связанного с вопросами обработки фланцев; подготовиться к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение.**

Рабочий чертеж (эскиз) детали «Фланец».

3.2. Заводской технологический процесс мех. обработки детали «Фланец».

3.3. Годовая программа выпуска деталей (тип производства).

3.4. Марочник материалов.

3.5. Чертежные принадлежности.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентом при подготовке к практическому занятию.**

4.1. В.В.Данилевский «Технология машиностроения» М.; Высшая школа; 1984г.

4.2. Методические указания для учащихся ПК БГТУ по курсовому проектированию по МДК 01.01 "Технологические процессы изготовления деталей машин". 2011 .

4.3. ГОСТ 2.308-79 (СТ СЭВ 368-79).

### **5. Общие и теоретические положения по теме**

Детали класса "Фланец" характеризуются наличием точнообработанных и взаимосвязанных наружных и внутренних цилиндрических и торцевых поверхностей.

Диаметральные размеры наружных цилиндрических поверхностей обрабатываются по 7-9 квалитетам точности, реже по 6 квалитету.

Шероховатость наружных цилиндрических поверхностей  $Ra = 1.6 \dots 0.8 \text{ мкм}$ ; внутренних поверхностей  $Ra = 1.6 \dots 0.1 \text{ мкм}$ . Высокие требования предъявляются к соосности наружных цилиндрических поверхностей, а также к перпендикулярности торцевых поверхностей к оси отверстия.

В качестве материалов для таких деталей используют стали, чугуны, цветные металлы и сплавы, минералокерамика, пластмассы.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Рассмотреть чертеж (эскиз), проанализировать конструкцию детали и дать краткое описание заданной детали "Фланец".

Проанализировав исходный чертеж детали, учащийся должен указать наименование детали; номер чертежа; в какую сборочную единицу входит и к какому классу относится заданная деталь, охарактеризовать назначение детали; указать, каким нагрузкам деталь подвергается при работе. Далее должны быть проанализированы технические требования, а именно:

- точность диаметральных и линейных размеров;
- точность геометрической формы поверхностей детали (конусность, овальность, бочкообразность и т.п.);
- точность взаимного расположения поверхностей детали (соосность поверхностей, биение, параллельность, перпендикулярность и т.п.);
- шероховатость поверхностей;
- твердость поверхностей (HB, HRC).

**Примечание.** Если конкретное назначение данной детали неизвестно, следует описать его, базируясь на разделе «Детали машин» предмета «Техническая механика».

6.2. На основании анализа чертежа детали "Фланец" следует описать из какого материала изготавливается деталь: марка материала, ГОСТ, химический

состав и физико - механические свойства, воспользовавшись при этом марочным материалов.

6.3. Далее необходимо дать качественную оценку технологичности конструкции детали. Изучение чертежа детали позволит лучше узнать конструкцию заданной детали, уяснить требования к ней, составить представление о степени ее сложности, точности, технологичности. После изучения чертежа необходимо составить описание детали: наименование, назначение, функции ее в узле, взаимодействие с сопрягаемыми деталями, характер нагрузки, условия, в которых она работает, форма и размеры детали.

Конструкцию детали необходимо рассмотреть по наиболее важным обрабатываемым поверхностям. Если квалитет точности размеров поверхностей деталей не выше 6-го, то деталь по точности считается технологичной. Если для обработки детали не требуются доводочные операции (суперфиниш, хонингование, доводка ...), то деталь по шероховатости считается технологичной.

Деталь считается нетехнологичной, если для выполнения технических требований или размеров, требуется специальное прецизионное оборудование. Кроме того, оценивая технологичность детали, необходимо учитывать разнообразие поверхностей детали ( плоская, цилиндрическая, сложная ) и, как следствие, форма заготовки, применение сложных специальных приспособлений, инструмента, а также специального оборудования.

## **7. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ**

### **1. Общий раздел.**

#### **1.1. Краткое описание детали, технические условия.**

Деталь ДБ71.376.10.09 «Фланец» входит в узел воздухораспределителя судового дизеля и служит элементом соединения секций вала управления воздухораспределителя.

Деталь «Фланец» представляет собой типовое тело вращения типа «Фланец». Толщина детали – 60мм, диаметр фланца – 150мм, диаметр ступицы – 80мм. На фланце расположены 4отв. Ø14. На расстоянии 60мм от оси детали на фланцевой части имеются 2 лыски. Внутренние отв. Ø 55Н7 имеет шпоночный паз 16Н9.

#### **Технические условия:**

- 1) Допуск биения торца фланца относительно Ø 55Н7 – 0,05мм;
- 2) Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по Н14, валов - по h14, остальных -  $\pm IT\ 14/2$ ;

#### **1.2. Материал детали, химический состав и физико - механические свойства.**

Деталь ДБ71.336.10.09 "Фланец" изготавливается из углеродистой качественной конструкционной стали 20 ГОСТ 1050 - 88.

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| Химический состав стали 20 | %              |
| Углерод С                  | 0.17 ... 0.24  |
| Кремний Si                 | 0.17... 0.37   |
| Марганец Mn                | 0.35...        |
| 0.65                       |                |
| Медь Cu                    | не более 0.25  |
| Сера S                     | не более       |
| 0.035                      |                |
| Фосфор Р                   | не более 0.035 |
| Хром Сг                    | не более 0.25  |
| Никель Ni                  | не более 0.25  |

Физико-механические свойства:

Временные сопротивления разрыву  $\sigma_B = 42 \text{ кгс/мм}^2$

Предел текучести  $\sigma_T = 25 \text{ кгс/мм}^2$

Относительное удлинение  $\delta = 25 \%$

Относительное сужение  $\psi = 55 \%$

Твердость HB  $\leq 163$

Плотность  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$

### **1.3 Качественный анализ технологичности конструкции детали.**

Рассматривая конструкцию детали с точки зрения технологичности изготовления замечаем следующее.

Все поверхности детали доступны и удобны при механической обработке. Деталь прочная и жесткая, что позволяет применять оптимальные режимы резания и усилие закрепления детали.

Точность механически обрабатываемых поверхностей не превышает 7 квалитет, что позволяет вести механическую обработку детали на станках нормальной точности.

Шероховатость механически обрабатываемых поверхностей не ниже  $Ra = 2,5 \text{ мкм}$  что позволяет не производить отделочных дорогостоящих операций.

Выполнение технических требований чертежа детали не представляет трудностей при выполнении принципа единства и преемственности баз в серийном производстве.

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что конструкция детали технологична.

## **8. Вопросы для самопроверки.**

### **8. 1 Конструктивные особенности деталей класса «Фланец».**



8.2 Технологические задачи, возникающие при обработке фланцев и пути их решения.

8.3 Технологические методы обработки отверстий 12 – 7 квалитетов точности.

## **9. Домашнее задание.**

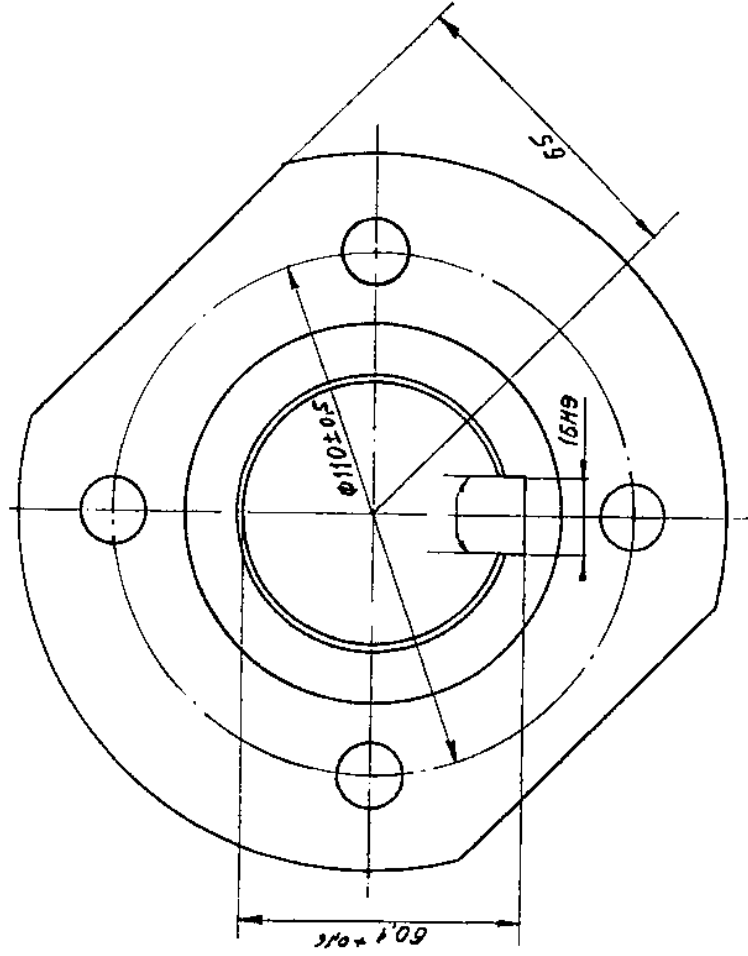
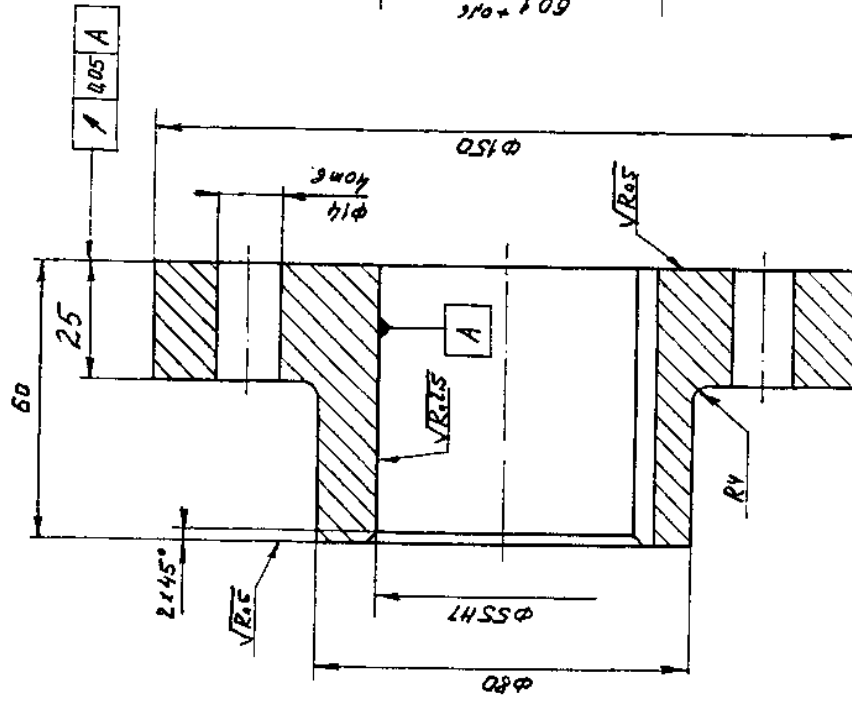
9.1 Закончить оформление отчета по практическому занятию № 8.

9.2 Повторить тему 3.9 и подготовиться к сдаче отчета и получению зачета по практическому занятию № 8.

# Эскиз детали „Фланец“

ДБ 71 376.10.09

$\sqrt{Ra_{10}(V)}$



H14; h14;  $\pm 1/14/2$

Материал детали: сталь 20 ГОСТ 1050-88

Масса детали:  $m_d = 3,73$  кг

Производство: серийное

## **БЛОК 2**

**1. Тема занятия:** «Выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали «Фланец» с технико - экономическим обоснованием выбора заготовки (с учетом малоотходной технологии).

**2. Цель занятия :** Приобретение практических навыков в выборе вида и метода получения заготовки для заданной детали «Фланец» с технико-экономическим обоснованием её выбора; подготовка к курсовому проектированию.

**3. Материальное обеспечение:**

3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали «Фланец».

3.2 Исходные данные по материалу и т. п. (см. отчет к практическому занятию №8)

3.3 Сведения о серийности производства (производство - серийное).

3.4 Нормативно - справочная литература.

3.5 Чертежные принадлежности.

3.6 Микрокалькулятор.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию:**

4.1 Справочник технолога - машиностроителя (том 1 под редакцией А. Г. Косиловой, Р. К. Мищерекова, М., Маш., 1986г.)

4.2 Методическая разработка для организации самостоятельной работы студентов по выбору метода получения заготовки.

4.3 ГОСТ 7505 - 89; ГОСТ 2590 - 80; ГОСТ 7062 - 79; ГОСТ 26645 - 85.

## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия:**

Выбор вида заготовки определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями и размерами, типом производства, а также экономичностью изделия.

Выбрать заготовку - значит:

1. Определить химический состав и механические свойства материала детали;
2. Установить способ получения заготовки;
3. Определить общие припуски на обработку поверхностей детали;
4. Рассчитать размеры заготовки и установить допуски на неточность изготовления;
5. Рассчитать массу заготовки;
6. Определить коэффициент использования материала и сравнить его с нормативным;
7. Вычертить эскиз заготовки.

При правильно выбранном способе получения заготовки уменьшается трудоемкость механической обработки, сокращается расход материала, электроэнергии, высвобождается оборудование и производственные площади. При выборе заготовки необходимо принимать наиболее прогрессивные методы получения, не забывая об экономической целесообразности.

Устанавливая способ получения заготовки необходимо привести обоснование своего выбора, преимущества выбранного способа получения перед возможными на основании принципа малоотходной технологии.

Для определения размеров заготовки на все обрабатываемые поверхности детали назначаются припуски.

Припуски назначаются по нормативным данным:

ГОСТ 2590-80 - для проката

ГОСТ 7505-85- для штампованных заготовок

ГОСТ 7062-79 - для заготовок, получаемых свободной ковкой

ГОСТ 26645-85 - для стального и чугунного литья

## 6. Порядок выполнения работы:

6.1. Анализируя исходные данные, следует обратить внимание на материал детали и его технологические свойства (литейные, обрабатываемость давлением и резанием и др.), связать свойства материала с техническими требованиями к детали по прочности и твердости, с формой, габаритами и массой детали (сложность формы, наличие отверстий, наличие поверхностей, требующих многократной обработки из-за высокой точности размера и малой шероховатости)

Следует также уяснить тип производства, т. к. этот фактор существенно влияет на выбор вида исходной заготовки по способу её изготовления (поковка штампованная или свободно кованная; вид проката и др.).

6.2. Выбирается два возможных варианта исходных заготовок на основании материала детали, её конфигурации, типа производства. Данный выбор должен быть обстоятельно обоснован; должны быть также обстоятельно изложены способы изготовления этих двух заготовок и приложены поясняющие эскизы.

### 6.3. Определение размеров исходной заготовки с допусками

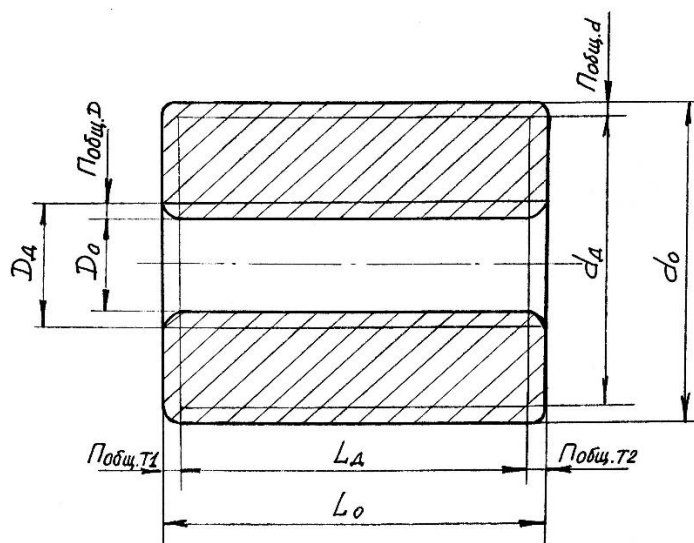


Рисунок 1 - Эскиз полый цилиндрической детали.

Для полрой цилиндрической детали (рис 1) используются формулы:

- Для наружной поверхности:  $d_o = d_d + 2\text{Побщ } d_i$  (1)

- Для внутренней поверхности:  $D_o = D_d - 2\text{Побщ } d_i$  (2)

- Для одинаково обрабатываемых торцов детали:  $L_o = L_d + 2\text{Побщ } T$  (3)

- При неодинаково обрабатываемых торцах:  $L_o = L_d + \text{Побщ } T_2 + \text{Побщ } t_1$  (4)

Где размеры с индексом «0» относятся к исходной заготовке, а с индексом «д» - к готовой детали;

2Побщ - Общий припуск на диаметр или на обе стороны.

Побщ - Общий припуск на механическую обработку.

Допускаемые отклонения параметров исходной заготовки устанавливаются по соответствующим стандартам.

6.4. Конструирование двух вариантов заготовок, включая разработку технических требований производится также в соответствии с теми же стандартами.

6.5. По каждому из двух вариантов исходных заготовок вначале определяются объёмы, а затем массы заготовок. При этом используются следующие формулы:

Формула объёма цельной цилиндрической поверхности:

$$V = (\pi \cdot d_o^2 \cdot L_o) / 4, \text{ см}^3 \quad (5)$$

где  $d_o$  - наружный диаметр заготовки, см;

$L_o$  - длина заготовки, г/см<sup>3</sup>

Масса заготовки определяется по формуле:

$$M_o = V_o \cdot \gamma, \text{ (кг)}, \quad (6)$$

где  $V_o$  - объем заготовки, см<sup>3</sup>

ПРИМЕЧАНИЕ: Удельная плотность стали –  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$

Удельная плотность чугуна –  $\gamma = 7,4 \text{ г/см}^3$

6.6. Коэффициент использования материала определяют по формуле:

$$\text{Ки. .м.} = m_d / m_o \quad (7)$$

где  $m_d$  - масса детали, кг;

$m_o$  - масса заготовки, кг.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** оптимальное значение коэффициента использования материала находится в пределах 0,6... 0,8.

#### 6.7. Определение стоимости штучной исходной заготовки.

Стоимость исходной заготовки и коэффициент использования материала являются одним из главных показателей правильности технико-экономических решений, принятых при проектировании технологического процесса.

При выполнении этой части работы используются данные из заводских прейскурантов, которые каждый год обновляются и рекомендуются для выполнения курсовых работ.

Стоимость исходной заготовки определяется по формуле:

$$S_o = (C_o * m_o) / 1000 - (m_o - m_d) * C_{отх} / 1000; \text{руб} \quad (8)$$

Где  $C_o$  - стоимость одной заготовки на ЗАО УК БМЗ, руб.

$C_{отх}$  - стоимость одной тонны отходов, руб.

$m_o$  - масса заготовки, кг.

$M_d$  - масса детали, кг.

6.8. Полученные результаты по 2-ум вариантам заготовок сводятся в таблицу сравнительных показателей (см. таб. 1)

Таблица 1 - Сравнительная

| Вид заготовки | Ки.м. | $S_o$ , руб |
|---------------|-------|-------------|
|               |       |             |
|               |       |             |

## **6.9. Выводы и предложения.**

Необходимо оценить расчёты, выполненные в данной работе и сделать необходимые выводы о том, какой же вариант из двух является наиболее экономичный с точки зрения принципа малоотходной технологии, т. к. именно с этих позиций прежде всего выбирается оптимальная заготовка (даже если мы проигрываем в стоимости заготовки).

Следует также изложить свои соображения по улучшению качества исходной заготовки и указать перспективные способы получения более совершенных видов исходной заготовки для рассматриваемой стали, их достоинства и недостатки.

## **7. Вопросы для самопроверки**

7.1. Перечислите основные виды заготовок, применяемые в машиностроении.

7.2. Какие вы знаете способы получения отливок из черных и цветных металлов.

7.3. Как называется основной показатель, характеризующий экономичность выбора заготовки.

7.4. Основные требования к заготовкам.

7.5. Что значит правильно выбрать заготовку?

## **8. Домашнее задание:**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 9.

8.2. Подготовиться к сдаче отчета.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

8.4. Комплект лекций.



## **9. Схема отчета:**

Практическое занятие № 9

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

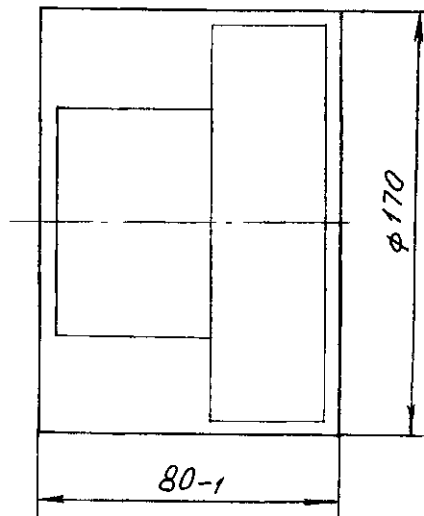
Пример выполнения работы.

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ

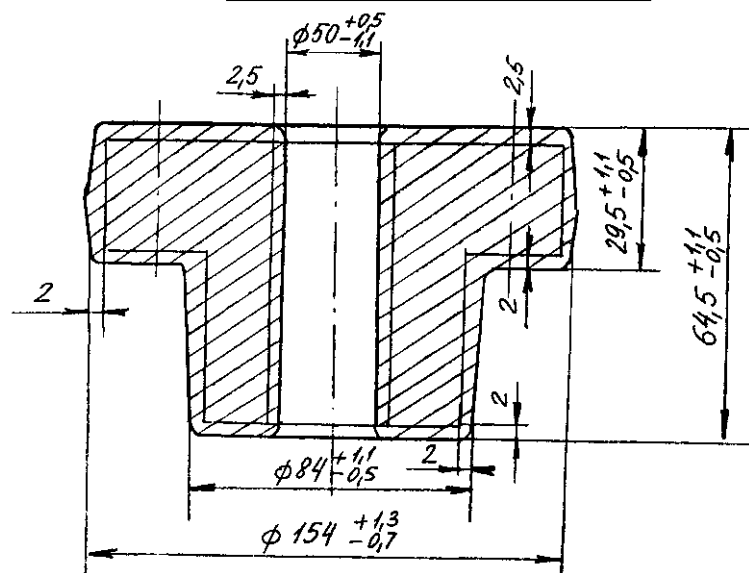
### 1. Выбор вида и метода получения заготовки (с учетом требований малоотходной технологии).

В машиностроении применяют различные виды заготовок: прокат, отливки, поковки, штамповки, сварные конструкции, и другие виды заготовок. В заводском варианте тех. процесса в качестве заготовки детали «Полумуфта» применён круглый прокат.

В разрабатываемом варианте тех. процесса в качестве заготовки с учетом массы, материала, конструкции детали, назначения, и масштаба выпуска предлагается поковка штампованная.



**Рисунок 1 – заготовка из проката**



**Рисунок 2 – заготовка – поковка, штампованная.**

Группа стали – М1

Степень сложности – С2

Класс точности – Т3

Исходный индекс -10

Припуски и допуски по ГОСТ 7505 - 89

Допуск смещения - 0,3мм

Допуск коробления - 0,3мм

Штамповочные уклоны до 5°

Штамповочные радиусы – R2

## **2. Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки.**

Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки производим по коэффициенту использования материала и стоимости получения заготовки.

### **1) Заготовка – из проката**

Масса заготовки

$$M_z = (\pi * 172 * 8 * 7,85) / 4 = 14254 \text{ г} = 14,25 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{и} = M_{д} / M_1 = 3,73 / 14,25 = 0,261$$

Себестоимость получения заготовки

$$S = (C * M_z) / 1000 - (M_z - M_{д}) * C_{отх} / 1000, \text{ руб}$$

Где С1 = 16200 руб - стоимость 1т на ЗАО УК БМЗ на 01.01.11.

C<sub>отх</sub> = 510 руб - стоимость 1т отходов на ЗАО УК БМЗ на 01.01.11.

$$S_1 = (16200 * 14,25) / 1000 - (14,25 - 3,73) * 500 / 1000 = 225,48 \text{ руб}$$

### **2) Заготовка – поковка штамповочная**

Масса заготовки

$$M_z = ((\pi * 15,42 * 2,95) / 4 + (\pi * 8,42 * 3,5) / 4 + (\pi * 52 * 6,45) / 4) * 7,85 = 4842 \text{ г} = 4,84 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{и} = 3,73 / 4,84 = 0,77$$

Себестоимость получения заготовки

$$S_2 = (53400 * 4,84) / 1000 - (4,84 - 3,73) * 510 / 1000 = 257,88 \text{руб}$$

Где  $S_2 = 53400$  руб - стоимость 1т штамповок на ЗАО УК БМЗ на 01.01.11.

Таблица 2.1 - Сравнительная

| Вид заготовки | Ки    | S, руб |
|---------------|-------|--------|
| Прокат        | 0,261 | 225,48 |
| Штамповка     | 0,77  | 257,88 |

Исходя из сравнительной таблицы заготовка в виде поковки (штампованной) предпочтительнее, т.к. коэффициент использования материала у неё больше в 2,9 раза, хотя себестоимость получения на 12% больше, чем у заготовки из проката.

### **БЛОК №3**

**1. Тема занятия:** «Рассмотрение заводского технологического маршрута заданной детали «Фланец» и его критический анализ».

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в рассмотрении и критическом анализе заводского (базового) технологического маршрута заданной детали «Фланец», подготовка к курсовому проектированию.

#### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертёж (эскиз) детали «Фланец».

3.2. Отчет по практическим занятиям № 8, 9.

3.3 Сведения о серийности производства (производство - серийное).

3.4. Нормативно - справочная литература.

#### **4. Указание на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию**

4.1. В.В. Данилевский «Технология машиностроения» М., Высшая школа, 1984г.

4.2. Справочник технолога – машиностроителя / том 1 под ред. А.Г. Косиловой,  
Р.К. Мещерякова, М., Маш., 1986г.

#### **5. Общие теоретические положения по теме практического занятия.**

При выполнении данного практического занятия следует учитывать изученные по дисциплине «Технология машиностроения» правила составления технологических маршрутов механической обработки различных деталей. По возможности следует использовать типовые технологические маршруты, имеющиеся в учебниках и справочниках деталей класса «Втулок». Можно

пользоваться заводскими (базовыми) технологическими процессами на обработку аналогичных деталей. При этом следует уделить внимание выбору черновой базы, соблюдению принципа единства баз и принципа постоянства установочных баз.

При рассмотрении заводского технологического маршрута механической обработки детали «Фланец» следует проанализировать применение технологического оборудования и приспособления, а также наличия технологических баз. Критически рассмотрев базовые варианты технологического маршрута обработки заданной детали, студент должен предложить ряд мероприятий, позволяющий значительно улучшить заводской технологический маршрут и основные технико-экономические показатели. Этого можно достичь за счет замены (там, где это возможно) универсального оборудования высокопроизводительным и эффективным оборудованием.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Выполнение эскиза детали «Фланец» с простановкой всех необходимых размеров, параметров шероховатости и др.

6.2. Переписать заводской тех. процесс в следующей форме:

Операция XXX    Название операции.

Оборудование:    станок мод. ...

Приспособление: ...

Технологические базы: ...

Содержание операции: ...

6.3. Критически рассмотрев заводской технологический маршрут мех. обработки детали, студент должен предложить ряд мероприятий по усовершенствованию базового варианта тех. процесса.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. Виды тех. процессов по ГОСТ 14.009-82.

- 7.2. Основные принципы проектирования тех. процессов.
- 7.3. Исходная информация, необходимая при проектировании тех. процессов.
- 7.4. Основные этапы проектирования тех. процессов.
- 7.5. Особенности технологического проектирования с применением станков с ЧПУ.

### **8. Домашнее задание.**

- 8.1. Закончить оформления отчета по практическому занятию № 10.
- 8.2. Подготовиться к сдаче отчета.
- 8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

### **9. Схема отчета.**

Практическое занятие №

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Заводской технологический маршрут и его анализ. Заводской тех. процесс мех. обработки детали ДБ.70.376.10.09 «Фланец» следующий:

### **Операция 005 Токарно-винторезная.**

Оборудование: станок мод. 16K20.

Приспособление: 3-х кулачковый патрон.

Технологические базы: наружные диаметры.

Точить заготовку с переустановкой предварительно с припуском под окончательную обработку.

### **Операция 010 Токарно-винторезная.**

Оборудование: станок мод. 16K20.

Приспособление: 3-х кулачковый патрон.

Технологические базы: наружные диаметры.

Точить и расточить заготовку с переустановкой окончательно.

### **Операция 015 Радиально-сверлильная.**

Оборудование: станок мод. 2H53.

Приспособление: кондуктор.

Технологические базы: внутренний диаметр Ø55H7, торец.

Сверлить 4 отв. Ø 14.

### **Операция 020 Разметочная.**

Оборудование: разметочная плита.

Разметить шпоночный паз и лыску.

### **Операция 025 Долбежная.**

Оборудование: станок мод. 7Б420.



Приспособление: крепеж цеховой.

Технологические базы: торец фланца.

Долбить шпоночный паз с припуском 0,3мм на сторону под слесарную обработку.

### **Операция 030 Вертикально-фрезерная.**

Оборудование: станок мод. 6Н13П.

Приспособление: крепеж цеховой.

Технологические базы: торец фланца.

Фрезеровать 2 лыски в размер 60- 0,3 по разметке.

### **Операция 035 Слесарная.**

Припилить шпоночный паз 16Н9, зачислить заусенцы и острые кромки.

### **Операция 035 Контрольная.**

Проанализировав заводской тех. процесс мех. обработки детали с точки зрения применения станков с ЧПУ и серийности производства предлагаем следующее:

- 1) Токарную обработку производить на станке с ЧПУ без переустановок;
- 2) Сверление отверстий по кондуктору заменить обработкой на станках с ЧПУ в специальном приспособлении;
- 3) Фрезерование лысок по разметке заменить обработкой на станке с ЧПУ в специальном приспособлении;
- 4) Обработку шпоночного паза производить шпоночной протяжкой.

Вышеуказанные мероприятия позволят снизить трудоемкость обработки детали и повысить производительность труда.

## **БЛОК №4**

**1. Тема занятия:** «Установление переработанного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбора оборудования, оснастки, их характеристика для заданной детали «Фланец».

**2. Цель занятия:** «Получение практических навыков в переработке заводского маршрута тех. процесса с обоснованием выбора баз, оборудования, оснастки для заданной детали; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2 Сведения о серийности производства (производство - серийное)

3.3 Отчет по практическим занятиям № 8 - 10

3.4 Нормативно - справочная литература.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентами при подготовке к практическому занятию.**

4.1 Справочник технолога машиностроителя, том 1, 2, под ред. А.Г. Косиловой и

Р.К. Мещерякова, М., Маш., 1990г.

4.2 Ю.И. Кузнецов и др. «Оснастка для станков с ЧПУ» (справочник) , М., Маш., 1990г.

4.3 «Обработка металла резанием», (справочник технолога) под ред. А.А. Панова, М., Маш., 1988г.

### **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия.**

В разработку технологического процесса обработки детали входит:

- Установление последовательности выполнения операций.
- Выбор базовых поверхностей.
- Выбор станков.
- Выбор приспособлений.
- Выбор текущего инструмента.

Последовательность выполнения операций зависит от следующих факторов:

- Конструктивной формы и размеров детали.
- Масштаба производства.
- Свойств обрабатываемого материала.
- Точности изготовления детали.
- Качества обрабатываемых поверхностей.
- Экономичности проектируемого технологического процесса.

При установлении последовательности выполнения операций следует руководствоваться следующими соображениями:

1. В первую очередь обрабатывать те поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке (например: центровые отверстия у деталей типа “валов”, плоскость основания у деталей типа “корпус”).

2. Затем обрабатываются поверхности, имеющие наибольший припуск.

3. Затем обрабатываются остальные поверхности в последовательности обратной точности: более точные поверхности обрабатываются на финишных конечных операциях.

4. Поверхности, связанные точностью относительно положения, обрабатываются при одной установке и в одной позиции.

5. Если деталь подвергается термической обработке, то технологический процесс механической обработки разделяется на две части - до термической и после нее.

Выбор баз является одним из важнейших вопросов при разработке технологического процесса механической обработки деталей. Особенно важно правильно выбрать базовую поверхность для выполнения первой операции.

При выборе черновых базовых поверхностей следует руководствоваться следующими правилами:

**Правила выбора черновых базовых поверхностей:**

- Черновая базовая поверхность должна обеспечивать устойчивое положение детали в приспособлении.
- Черновая базовая поверхность должна занимать четкое положение относительно других поверхностей, быть ровной и чистой.
- У деталей, у которых в обработанном виде остаются необработанные поверхности, за черновые базы принимаются эти необработанные поверхности.
- У деталей, у которых все поверхности подлежат обработке, за черновые базы принимаются поверхности с наибольшими припусками и наибольшими размерами.

**Правила выбора чистовых базовых поверхностей:**

За чистовые базы принимаются чистовые поверхности, от которых заданы основные размеры до других обрабатываемых поверхностей. Во всех случаях, когда это возможно, необходимо совмещать конструкторские и технологические базы.

Для достижения механической обработки измерительные базы необходимо использовать в качестве установочных баз (принцип совмещения баз).

Для достижения точности механической обработки рекомендуется обработку всех поверхностей детали осуществлять от одной и той же базы (принцип единства баз).

Выбираемые базовые поверхности должны обеспечивать простоту и надежную конструкцию приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

Оборудование выбирается в зависимости от характера операций, годовой программы и должно обеспечивать:

- Выполнение технических требований, предъявляемых к изготовлению детали.
- Соответствие основных размеров рабочей зоны станка, габаритных размеров детали.
- Возможно полное использование станка по времени мощности.
- Высокую производительность, соответствующую заданной программе выпуска.
- Наиболее низкую стоимость обработки.

Решающим фактором при выборе станка является экономичность обработки, критерием которой служит время, затрачиваемое на обработку или производительность станка. Выбор оборудования производится по каталогу металлорежущих станков.

Выбор приспособлений производится в зависимости от вида обработки, типа станка и типа производства. Для крупносерийного и массового производства характерно применение высокопроизводительных специальных приспособлений, снабженных быстродействующими зажимными устройствами. В серийном, мелкосерийном и единичном производствах применяются в основном универсальные, универсально-наладочные, универсально-сборные приспособления.

Выбранные приспособления должны обеспечивать:

Правильную установку детали.

Повышение производительности за счет снижения вспомогательного и машинного времени.

Надежность и безопасность работ.

Автоматическое получение заданной точности.

Расширение технологических возможностей станка.

Экономичность обработки.

Выбор приспособлений рекомендуется производить по справочнику технолога-машиностроителя т.1, каталогу УСП, альбому станочных приспособлений.

Выбранный инструмент должен обеспечивать при заданной точности и шероховатости обработки высокую скорость резания и стойкость.

Применение того или иного инструмента зависит от вида обработки, оборудования, типа производства.

В единичном производстве, мелкосерийном, в основном используется универсальный инструмент. В крупносерийном и массовом производствах широко используют специальные инструменты.

Материал режущей части инструмента выбирается в зависимости от:

- Механических свойств обрабатываемого материала.
- Состояния поверхности обрабатываемого материала.
- Характера обработки.
- Выбор инструментов и их параметров рекомендуется производить по соответствующим ГОСТам, а также стандартам предприятия.

В качестве поверочного инструмента следует выбирать такой инструмент, который обеспечивает быстроту и точность проверки, не требует больших затрат времени и высокой квалификации рабочих.

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида измеряемой поверхности, точности механической обработки поверхностей, типа производства.

В единичном и мелкосерийном производстве принимаются универсальные измерительные инструменты: штангенциркуль, микрометры, штихмассы, глубиномеры и др.

В крупносерийном и массовом производствах применяют калибры, шаблоны, автоматические измерительные устройства.

Выбор мерительных инструментов производится по соответствующим ГОСТам, а также стандартам предприятий.

## **6. Порядок выполнения работы.**

- 6.1. Проанализировав заводской маршрут механической обработки детали «Фланец», разработать усовершенствованный технологический процесс мех. обработки заданной детали с учетом предложенных мероприятий, улучшающих технико-экономические показатели тех. процесса.
- 6.2. Выбрать и описать технические характеристики станков, применяемых в разработанном тех. процессе.
- 6.3. Выбрать и описать комплект режущего и измерительного инструмента, применяемого в разработанном тех. процессе.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

- 7.1. Особенности технологического проектирования для станков с ЧПУ.
- 7.2. Чем следует руководствоваться при установлении последовательности выполнения операций?
- 7.3. Каковы правила выбора черновых баз?
- 7.4. Каковы правила выбора чистовых баз?
- 7.5. Как выбирается тех. оборудование и что оно должно обеспечивать?
- 7.6. Что должны обеспечивать выбранные приспособления и инструменты?

## **8. Домашнее задание.**

- 8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 11.
- 8.2. Подготовиться к сдаче зачета по практическому занятию.
- 8.3. Повторить теоретический материал, изученный при подготовке данному практическому занятию.

## **9.Схема отчета.**

Практическое занятие №

1. Тема занятия.
2. Цель занятия.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполнение работы.

Пример выполнения работы №.



## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Установление маршрутного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбор оборудования и оснастки, их характеристика.

1. Разработанный вариант тех. процесса мех. обработки детали «Фланец» следующий:

### **Операция 005 Токарная с ЧПУ**

Оборудование: станок модели 16K20Ф3

Приспособление: 3-х кул. пневмопатрон

Технологические базы: нар. Ø84 и торец заготовки

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2. Точить торец фланца предварительно

3. Точить торец в размер 62 - 0,2

4. Точить нар. Ø150 предварительно

5. Точить Ø150 - 0,4

6,7. Расточить Ø55Н7 предварительно

8. Расточить Ø55Н7.

### **Операция 010 Токарная с ЧПУ**

Оборудование: станок модели 16K20Ф3

Приспособление: 3-х кул. пневмопатрон

Технологические базы: нар. Ø140 и торец заготовки.

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2. Точить торец ступицы предварительно.

3. Точить торец ступицы в размер 60 - 0,2

4. Точить торец фланца предварительно.

5. Точить предварительно Ø80, R4 торец фланца.

6. Точить Ø80 - 0,4 , R4, торец фланца в размер  $30 \pm 0,2$

Переход 7. Расточить фаску 2 х 45°.

### **Операция 015 Горизонтально - протяжная**

Оборудование: станок мод. 7Б55

Приспособление: адаптер

Технологические базы: внутренний Ø55Н7, торец.

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2. Протянуть шпоночный паз 16Н9

### **Операция 020 Сверлильная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 2Р135Ф2

Приспособление: специальное

Технологические базы: торец Ø80, Ø55Н7, шпон. паз 16Н9

Переход 1 .Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2...5. Сверлить 4 отв. Ø14.

### **Операция 025 Фрезерная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 6Р13Ф3

Приспособление: специальное

Технологические базы: торец Ø80, Ø55Н7, шпон. паз 16Н9

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки.

2,3 Фрезеровать 2 лыски в размер 65 - 0,03

### **Операция 030 Слесарная**

Зачистить заусенцы и острые кромки.

### **Операция 035 Контрольная**

2. Оборудование, применяемое в разработанном тех. процессе.

## Операция 005, 010

### Техническая характеристика станка модели 16К20ФЗ

Наиб. диаметр обраб. заготовки

над станиной, мм \_\_\_\_\_ 400

под суппортом, мм \_\_\_\_\_ 220

Шаг нарезаемой резьбы \_\_\_\_\_ до 20 мм

Частота вращения шпинделя, об/мин \_\_\_\_\_ 12,5 - 2000

Подача мм/мин поперечная \_\_\_\_\_ 1,5 - 600

продольная \_\_\_\_\_ 3,0-1200

Мощность электродвигателя главного движения, кВт \_\_\_\_\_ 10

Устройство ПУ \_\_\_\_\_ НС31

Число одновременно управляемых координат \_\_\_\_\_ 2

Дискретность задания размеров, мм

по оси X \_\_\_\_\_ 0,01

по оси Y \_\_\_\_\_ 0,005

Дискретность цифровой индикации \_\_\_\_\_ 0,001

## Операция 015

### Техническая характеристика горизонтального протяжного станка 7Б55

Наиб. тяговая сила, кгс \_\_\_\_\_ 1000

Наиб. длина хода салазок, мм \_\_\_\_\_ 1250

Диаметр отверстия в планшайбе, мм \_\_\_\_\_ 125

Скорость рабочего хода протяжки, м/мин \_\_\_\_\_ 1,5 - 11,5

Скорость обратного хода протяжки, м/мин \_\_\_\_\_ 20 - 25

Мощность электродвигателя

привода главного движения, кВт \_\_\_\_\_ 18,5

## Операция 020

Техническая характеристика вертикально-сверлильного станка 2Р135Ф2

|   |       |         |
|---|-------|---------|
| Наиб. условный диаметр сверления в стали, мм                                  | _____ | 35      |
| Рабочая поверхность стола, мм   | _____ | 400×710 |
| Наиб. расстояние от торца шпинделя до раб. пов-ти стола, мм                   | _____ | 600     |
| Вылет шпинделя, мм  | _____ | 450     |
| Наиб. вертикальное перемещение revolverной головки, мм                        | _____ | 560     |
| Конус Морзе шпинделя  | _____ | 4       |
| Число скоростей шпинделя  | _____ | 12      |
| Частота вращения шпинделя, об/мин   | _____ | 45-2000 |
| Число подач шпинделя ( revolverной головки )                                  | _____ | 18      |
| Подача шпинделя, мм/мин   | _____ | 10 -500 |
| Мощность электродвигателя главного движения, кВт                              | _____ | 3,7     |
| Система ПУ  | _____ | 2П32-2  |
| Число управляемых координат   | _____ | 3       |
| одновременно  | _____ | 2       |
| Точность межосевых расстояний отверстий образца после чистовой обработки, мкм | _____ | 8       |
| Дискретность задания линейных размеров, мм                                    | _____ | 0,010   |

## Операция 025

Техническая характеристика вертикально-фрезерного консольного станка 6Р13Ф3

Размеры рабочей поверхности стола, мм \_\_\_\_\_ 400 ×1600

Наиб. перемещение стола, мм

|              |      |
|--------------|------|
| продольное   | 1000 |
| поперечное   | 400  |
| вертикальное | 380  |

Внутренний конус шпинделя (7:24) №50

Число скоростей шпинделя 18

Частота вращения шпинделя, об/мин 40-2000

Число подач стола 6/с

Подача стола, мм/мин

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| продольная и поперечная | 10-1200  |
| вертикальная            | 10- 1200 |

Скорость быстрого перемещения стола продольного,

поперечного, вертикального, мм/мин 2400

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт 7,5

Устройство ЧПУ 2С42

Число управляемых координат 3

одновременно 2

Дискретность отсчета координат, мм 0,01

### 3. Оснастка, применяемая в разработанном тех. процессе:

#### Операция 005

#### Режущий инструмент:

1) Резец проходной  $\varphi = 95^\circ$  T5K10 PCLNR 2525

ТУ2 - 035 - 892 - 82

2) Резец расточной  $\varphi = 95^\circ$  T5K10

К.01.4882.000.10 ТУ2 - 035 - 1040 – 86.

3) Резец расточной  $\varphi = 95^\circ$  T15K16

К.01.4882.000.10 ТУ2 - 035 - 1040 – 86.

**Мерительные инструменты:**

1) ШЦ 2- 0,05 – 250           ГОСТ 166-89

2) Калибр - пробка Ø55H7 ПР

8133 -1102   ГОСТ 14812 - 69

3) Калибр - пробка Ø55H7 НЕ

8133 -1152   ГОСТ 14813 - 69

**Операция 010****Режущий инструмент:**

1) Резец проходной  $\varphi = 95^\circ$  T5K10 PCLNR 2525

ТУ2 - 035 - 892 - 82

2) Резец расточной  $\varphi = 95^\circ$  T15K6

К.01.4882.000.10   ТУ2 - 035 - 1040 – 86.

**Мерительный инструмент:**

1) ШЦ I - 0,1 - 125           ГОСТ 166 - 89

**Операция 015****Режущий инструмент:**

1) Протяжка шпоночная 16H9 Р6H5 спец.

**Мерительный инструмент**

1) ШЦ 2 - 0,05 - 250           ГОСТ 166 - 89

2) Калибр - пробка           16H9 спец.

3) Калибр - пробка шпоночный комплексный Ø55H7×16H9 спец.

## **Операция 020**

### **Режущий инструмент:**

- 1) Сверло Ø14 P6M5 035 – 2301 – 1033  
ост 2Н20 - 2 - 80

## **Операция 025**

### **Режущий инструмент:**

- 1) Фреза концевая Ø50 P6M5  
035 – 2223 – 0108 ост 2Н62 - 2 - 75

### **Мерительный инструмент:**

- 1) ШЦ 2 - 0,05 - 250 ГОСТ 166 -89

## **БЛОК №5**

**1. Тема занятия:** «Расчет операционных, общих припусков и операционных размеров с допуском расчетно-аналитическим методом на обработку одной поверхности заданной детали «Фланец» по установленному тех. процессу».

**2. Цель занятия:** получение практических навыков в расчете операционных, общих припусков и операционных размеров с допусками расчетно - аналитическим методом; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Сведения о серийности производства - производство серийное.

3.3. Отчеты по практическим занятиям № 8 – 11.

3.4. Чертежные принадлежности.

3.5. Микрокалькуляторы

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентами при подготовке к практическому занятию**

4.1. В.В. Данилевский «Технология машиностроения» М., Высшая школа, 1984г.

4.2. А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков «Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении»; Справочник; М., Маш., 1976г.

4.3. ГОСТ 7505 - 89; ГОСТ 26645 - 85.



## 5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия

Припуски на мех. обработку - это слой металла, срезаемый или пластически деформируемый в процессе обработки заготовки для получения заданной формы, размеров и качества поверхностей.

Операционный припуск - это слой металла, срезаемый или пластически деформируемый при выполнении определенного технологического перехода.

Общий припуск - это суммарная величина общих припусков по всему технологическому маршруту обработки заданной поверхности.

Расчет припусков аналитическим способом производится по методике профессора В.М Кована. При каждом выполняемом технологическом переходе механической обработки необходимо предусмотреть минимальный припуск, достаточный для ликвидации имеющихся погрешностей выполняемого перехода, влияющих на припуск.

Расчет минимальных припусков в зависимости от вида обработки производится по формулам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1. Формулы расчета припусков в зависимости от вида обработки.

| Вид обработки  | Расчетная формула  |
|--|--|
| 1. Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей. | $Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + E_i$                            |
| 2. Параллельная обработка противоположных плоскостей.                                  | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1} + p_{i-1} + E_i)$                          |
| 3. Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения.                            | $2Z_{imin} = 2 \left( R_{zi} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + E_i^2} \right)$ |

|  |   |
|--|---|
| 4. Обтачивания цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование. | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1} + p_{i-1})$   |
| 5. Развертывание плавающей развёрткой, протягивание отверстий.   | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1})$   |
| 6. Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка).   | $2Z_{imin} = 2R_{zi-1}$   |
| Шлифование после термообработки:<br>А) при наличии   | $Z_{imin} = R_{zi-1} + p_{i-1} + E_i$<br>$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + p_{i-1} + E_i)$<br>$Z_{imin} = R_{zi-1} + p_{i-1}$ |

В этих формулах:

$Z_{imin}$  - минимальный припуск на данном технологическом переходе.

$R_{zi-1}$  - величина микро неровностей, получаемых на предшествующем переходе.

$T_{i-1}$  - величина (глубина) дефектного слоя, полученного на предшествующем переходе.

$p_{i-1}$  - величина пространственных отклонений, полученная на предшествующем переходе.

$E_i$  - погрешность установки на данном технологическом переходе.

После определения значений  $R_z$ ,  $T$ ,  $p$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\delta$  (предельных отклонений) и расчетных величин  $Z_{min}$  на технологические переходы, расчет межоперационных размеров производится в следующей последовательности:

| Для наружных поверхностей валов   | Для внутренних поверхностей  |
|---|--|
| 1   | 2  |
| 1. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу  | 1. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер   |
| 2. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему размеру по чертежу расчетного припуска $Z_{min}$   | 2. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска $Z_{min}$                                 |
| 3. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру  | 3. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода вычитанием из расчетного размера  |
| 4. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с какими дан припуск (предельные | 4. Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан |
| 5. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному   | 5. Определить наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего  |
| 6. Записать предельные значения припусков $Z_{max}$ как разность наибольших предельных размеров и $Z_{min}$ как разность наименьших предельных размеров предшествующего и   | 6. Записать предельные значения припусков $Z_{max}$ как разность наибольших предельных размеров и $Z_{min}$ как разность наименьших предельных размеров выполняемого                           |

Определить общие припуски  $Z_{\max}$  и  $Z_{\min}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку.

Провести проверку правильности произведенных расчетов по формулам:

$$Z_i \max - Z_i \min = S_{i-1} - S_i$$

$$2Z_i \max - 2Z_i \min = S_{di-1} - S_{di}$$

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = S_z - S_d$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = S_{dz} - S_{dd}$$

| 1  | 2   |
|--|---|
| 9. Определить общий номинальный припуск по формулам<br>$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + H_z = H_d$ | 9. Определить общий номинальный припуск по формулам:<br>$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + B_z - B_d$ |

## 6. Порядок выполнения работы.

6.1. Проанализировать исходные данные для расчета припусков.

6.2. Выполнить расчет припусков, заполняя 12 граф расчетной таблицы, проводя подробные пояснения каждой граф (в соответствии с проводимым примером).

6.3. Провести проверку выполненного расчета.

6.4. Сформулировать вывод выполненной работы.

## 7. Вопросы для самопроверки

7.1. Дайте определение припуска на мех. обработку.

7.2 Какие виды припусков Вы знаете?

7.3 Каково влияние припуска на экономичность процесса обработки?

7.4 Факторы, влияющие на величину припуска?

7.5 Какие методы определения припусков вы знаете? Сущность этих методов.

## **8. Домашнее задание:**

- 8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 12
- 8.2. Подготовиться к сдаче отчета по практическому занятию № 12
- 8.3. Повторить теоретический материал, изученный при подготовке к практическому занятию.

## **9. Схема отчета**

### **Практическое занятие №**

Тема занятия:

Материальное обеспечение:

Выполнение работы.

Пример выполнения расчет припусков, расчетно-аналитическим методом на обработку наружной цилиндрической поверхности (практическое занятие №)

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Расчет припусков и установление операционных размеров и допусков на них. Рассчитываем аналитическим способом припуски на обработку внутреннего  $\varnothing 55H7(+0,03)$

Минимальные припуски на обработке наружных и внутренних поверхностей вращения.

$$2Z_{i\min} = 2 \left( R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right); \quad [4.2 \text{ с.163}] \quad (1)$$

Где  $R_{zi-1}$ ,  $T_{i-1}$ ,  $p_{i-1}$  - соответственно высота микронеровностей, глубина дефектного поверхностного слоя и суммарное значение пространственных отклонений на предшествующем переходе и  $\varepsilon_{yi}$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

1) Пользуясь чертежами и технологическим процессом записываем в расчетную карту в графу 1 обрабатываемую поверхность и порядок её обработки начиная от заготовки:

Заготовка

Растачивание черновое

Получистовое

Чистовое

2) Находим нормативные значения  $R_{zi-1}$  и  $T_{i-1}$  и записываем их в графы 2 и 3:

Заготовка

$R_{zi-1} = 0,4 \text{ мм}$  [4.2 с.116]

$T_{i-1} = 0,4 \text{ мм}$

Растачивание черновое

$$R_{zi-1} = 0,1 \text{ мм} \quad [4.2]$$

с.173]

$$T_{i-1} = 0,1 \text{ мм}$$

Растачивание полуступовое

$$R_{zi-1} = 0,05 \text{ мм}$$

$$T_{i-1} = 0,05 \text{ мм}$$

3) Рассчитываем пространственные отклонения и погрешность установки и записываем их в графы 4 и 5:

$$P_3 = \sqrt{p_L^2 + p_{CM}^2}, \text{ мм} \quad [4.2 \text{ с.173}] (2)$$

где  $P_n = 0,3 \text{ мм}$  - ГОСТ 7505-89

$$P_{CM} = 0,3 \text{ мм}$$

$$P_3 = \sqrt{0,3^2 + 0,3^2} = 0,424 \text{ мм}$$

Величина остаточной кривизны после обработки.

$$P_i = K_{yi} \cdot p_3 \quad [4.2 \text{ с. 181}] (3)$$

$$K_{y1} = 0,06 \quad [4.2 \text{ с.181}]$$

$$K_{y2} = 0,05$$

$$p_1 = 0,06 \cdot 0,424 = 0,025 \text{ мм}$$

$$p_2 = 0,05 \cdot 0,424 = 0,021 \text{ мм}$$

Погрешность установки заготовки в трех кулачковый пневмопатрон с расточенными губками.

$$\varepsilon_y = 0,2 \text{ мм} \quad [4.2 \text{ с.52}]$$

Далее принимаем  $\varepsilon_{yi}=0$  т.к. дальнейшая обработка происходит без переустановок.

4) Определяем минимальные припуски по технологическим переходам

$$2Z_{1\min} = 2 \left( 0,4 + 0,4 + \sqrt{0,424^2 + 0,2^2} \right) = 2,538 \text{ мм}$$

$$2Z_{2\min} = 2 \left( 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0} \right) = 0,45 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\min} = 2 \left( 0,05 + 0,05 + \sqrt{0,021^2 + 0} \right) = 0,242 \text{ мм}$$

5) Записываем в графу 7 для конечного перехода наибольший предельный размер по чертежу детали:

$$d = 55 + 0,03 = 55,03 \text{ мм}$$

6) Для перехода, предшествующему конечному, определяем расчетный размер и записываем в графу 7:

$$d1p = 55,03 - 0,242 = 54,788 \text{ мм}$$

$$d2p = 54,788 - 0,45 = 54,338 \text{ мм}$$

$$d3p = 54,338 - 2,538 = 51,8 \text{ мм}$$

7) Записываем в графу 10 наибольшие предельные размеры по всем переходам, округляя их до последних цифр допуска на них.

$$d1\max = 54,8 \text{ мм}$$

$$d2\max = 54,3 \text{ мм}$$

$$d3\max = 51,8 \text{ мм}$$

8) Записываем в графу 9 наименьшие предельные размеры по всем переходам.

$$d1\min = 54,8 - 0,2 = 54,6 \text{ мм}$$

$$d2\min = 54,3 - 0,3 = 54,0 \text{ мм}$$

$$d3\min = 51,8 - 1,6 = 50,2 \text{ мм}$$

9) Определяем предельные значения припусков и записываем их в графы 11 и 12.

$$2Z1\max = 55 - 54,6 = 0,4 \text{ мм}$$

$$2Z1\min = 55,03 - 54,8 = 0,23 \text{ мм}$$

$$2Z2\max = 54,6 - 54 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z2\min = 54,8 - 54,3 = 0,5 \text{ мм}$$



$$2Z_{3\max} = 54,0 - 50,2 = 3,8 \text{ мм}$$

$$2Z_{3\min} = 54,3 - 51,8 = 2,5 \text{ мм}$$

10) Определяем общие припуски на обработку, суммируя промежуточные припуски:

$$2Z_{0\max} = 3,8 + 0,6 + 0,4 = 4,8 \text{ мм}$$

$$2Z_{0\min} = 2,5 + 0,5 + 0,23 = 3,23 \text{ мм}$$

11) Проверяем правильность расчетов:

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = \delta_{i-1} - \delta \quad [4.2 \text{ с. } 164] \quad (4)$$

Где  $\delta_{i-1}$ ,  $\delta$  – соответственно допуски на размеры на предшествующем и выполняемом переходе.

$$0,4 - 0,23 = 0,2 - 0,03$$

$$0,6 - 0,5 = 0,3 - 0,2$$

$$3,8 - 2,5 = 1,6 - 0,3$$

Расчет произведен верно.

Таблица1 - Расчетная карта

| Технологические<br>переходы<br>обработки | Элементы припуска, мм |       |       |       | Расчетный<br>припуск | Расчетный<br>размер | Допуск | Предельные<br>размеры, мм |       | Предельные<br>припуски, мм |        |
|--|-----------------------|-------|-------|-------|----------------------|---------------------|--------|---------------------------|-------|----------------------------|--------|
|  | Rzi-1                 | Ti -1 | pi-1  | εyj   | 2 Zimin              | мм                  | мм     | dmin                      | dmax  | 2Zimin                     | 2Zimax |
| 1  | 2                     | 3     | 4     | 5     | 6                    | 7                   | 8      | 9                         | 10    | 11                         | 12     |
| Заготовка                                | 0,4                   | 0,4   | 0,424 | ----- | -----                | 57,8                | 1,6    | 50,2                      | 51,8  | -----                      | -----  |
| Растачивание                             | 0,1                   | 0,1   | 0,025 | 0,2   | 2,538                | 54,338              | 0,3    | 54,0                      | 54,3  | 2,5                        | 3,8    |
| Черновое                                 |                       |       |       |       |                      |                     |        |                           |       |                            |        |
| Получистовое                             | 0,05                  | 0,05  | 0,021 | ----- | 0,45                 | 54,788              | 0,2    | 54,6                      | 54,8  | 0,5                        | 0,6    |
| Чистовое                                 | -----                 | ----- | ----- | ----- | 0,242                | 55,03               | 0,03   | 55,0                      | 55,03 | 0,23                       | 0,4    |
|  |                       |       |       |       |                      |                     |        |                           |       | 3,23                       | 4,8    |

## **БЛОК 6**

**1. Тема занятия:** «Подробная разработка одной (характерной) операции разработанного тех. процесса обработки заданной детали «Фланец» с расчетом режимов резания по переходам табличным методом и технически обоснованной нормы времени на операцию».

**2. Цель занятия:** получение практических навыков в расчете режимов резания по переходам характерной операции тех. процесса табличным методом и технически обоснованной нормы времени на операцию; подготовиться к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

- 3.1. Рабочий чертёж (эскиз) детали «Фланец».
- 3.2. Сведения о серийности производства - производство серийное.
- 3.3. Разработанный тех. процесс мех. обработки детали «Фланец»  
(отчеты по пр. зан. № 8 – 12)
- 3.4. Данные о характере операции.
- 3.5. Паспорта (тех. характеристики) станков разработанного тех. процесса.
- 3.6. Стандарты на режущий, контрольно - измерительный, вспомогательный.
- 3.7. Калькуляторы.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан к практическому**

- 4.1. Справочник технолога машиностроителя, Т.2, Т.1, под ред. Г.А. Косиловой, Р.К. Мещеркова, М., Маш., 1972г.
- 4.2. Нормативы режимов резания при работе на станках с ЧПУ., Днепропетровск, 1985г.

4.3. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ., часть 1, М., Экономика, 1990г.

## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия**

При одноступенчатой обработке расчет режима резания производится в следующей последовательности:

1. Выбирается режущий инструмент, и устанавливаются его геометрические параметры.

2. Определяется глубина резания в зависимости от припуска.

3. Назначается подача. Рекомендуемая подача проверяется лимитирующими факторами, т.е. заданной чистотой обрабатываемой поверхности, прочностью державки режущего инструмента, прочностью пластинки твердого сплава, жесткостью обрабатываемой заготовки, прочностью механизма подачи станка.

Проверка подачи по лимитирующим факторам производится только для черновых операций, которые осуществляются с большими усилиями резания и крутящими моментами. Выбранная подача корректируется по паспортным данным станка.

4. Назначается период стойкости режущего инструмента.

5. Определяется скорость резания. Вводятся поправочные коэффициенты на скорость резания при измененных условиях резания.

6. Определяется число оборотов шпинделя, соответствующее найденной скорости резания.

7. Число оборотов шпинделя корректируется по паспортным данным станка.

8. Определяется действительная скорость резания.

9. Определяется мощность, затрачиваемая на резание; полученная мощность сравнивается с мощностью привода станка.

10. Определяется основное (технологическое) время. Расчет режимов резания производится для каждого перехода операции с ЧПУ, как правило. Определив суммарное основное технологическое время на операцию в целом производится расчет нормы времени на выбранную операцию с ЧПУ. При этом определяется:

1. Машино - вспомогательное время;
2. Время цикла автоматической работы станка по программе.
3. Возможность многостаночного обслуживания.
4. Вспомогательное время, не перекрываемое временем автоматической работы станка.
5. Штучное время.
6. Подготовительно - заключительное время.
7. Штучно - калькуляционное время.

## **6. Порядок выполнения работы.**

- 6.1. Производится анализ исходных данных.
- 6.2. Произвести расчет режимов резания и норм времени согласно п.5 данной инструкции.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

- 7.1. В какой последовательности производится назначение режимов резания на переход тех. операции?
- 7.2. От чего зависит основное технологическое время на операцию?
- 7.3. Какова методика нормирования операции с ЧПУ и универсальной операции?
- 7.4. Какие категории времени включаются в штучное время?
- 7.5. Что такое подготовительно - заключительное время?

## **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 13

8.2. Подготовиться к сдаче отчета по работе.

8.3. Повторить теоретический материал по теме практического занятия.

## **9. Схема отчета.**

### **Практическое занятие**

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

Выполнение работы. (согласно п. 5 инструкции)

Пример выполнения работы №

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Рассчитываем режимы резания на сверление отверстий диаметром Ø14 сверлом из быстрорежущей стали Р6М5 на станке модели 2Р135Ф2 в специальном приспособлении.

Скорость резания

$$V = \frac{C_v \cdot D^{\partial_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v, \text{ м/мин} \quad [4.1, \text{ с.435}] \quad (1)$$

где  $C_v$  - постоянная для данных табличных условий резания;

$x_v, y_v, g_v, m$  - показатели степени для табличных условий резания;

$D$  - диаметр сверла, мм;

$T$  - период стойкости сверла, мин;

$t$  - глубина резания, мм;

$S$  - подача на оборот сверла, мм/об;

$K_v$  - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий отличные от табличных условий резания.

$$K_v = K_{m_v} \cdot K_{U_v} \cdot K_{L_v} \quad [4.1, \text{ с.435}] \quad (2)$$

где  $K_{m_v}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{U_v}$  – коэффициент, учитывающий инструментальный материал;

$K_{L_v}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

$D = 14 \text{ мм}; \quad t = 7 \text{ мм};$

$T = 25 \text{ мин}; \quad [4.1, \text{ с.435}]$

$S = 0,2 \text{ мм/об} \quad [4.1, \text{ с.433}]$

$C_v = 7,0; \quad g_v = 0,4; \quad x_v = 0; \quad y_v = 0,7; \quad m = 0,2; \quad [4.1, \text{ с.434}]$

$$K_{m_v} = C_{m_v} \left( \frac{75}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad [4.1, \text{ с.424}] \quad (3)$$

$$C_M = 10 \quad [4.1, \text{с.424}]$$

$$n_V = -0,9 \quad [4.1, \text{с.424}]$$

$$K_{m_V} = \left( \frac{46}{75} \right)^{0,9} = 0,64$$

$$K_{UV} = 1,0$$

$$K_{LV} = 1,0 \quad [4.1, \text{с.426}]$$

$$K_V = 0,64 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,64 \quad [4.1, \text{с.436}]$$

$$V = \frac{7 \cdot 14^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 0,64 = 17,5 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,5}{\pi \cdot 14} = 618 \text{ об/мин.}$$

Принимаем по паспорту станка:  $n = 500 \text{ об/мин}$ ;

Действительная скорость резания:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 14 \cdot 500}{1000} = 14,1 \text{ м/мин}$$

Скорость подачи

$$V_s = S \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ мм/мин}$$

Принимаем по паспорту станка

$$V_s = 100 \text{ мм/мин}$$

Действительная подача на оборот

$$S = \frac{V_s}{n} = \frac{100}{500} = 0,2 \text{ мм/об}$$

Крутящий момент



$$M_{кр} = C_M \cdot D^{g_M} \cdot t^{x_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p, \text{ кгс} \cdot \text{м} \quad [4.1, \text{ с.435}] \quad (4)$$

где  $C_M$  – постоянная для данных табличных условий резания;

$x_M, g_M, y_M$  - показатели степеней для табличных условий резания;

$K_p$  - общий поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

$$C_M = 0,0345; \quad g_M = 2; \quad y_M = 0,8; \quad x_M = 0 \quad [4.1, \text{ с.436}]$$

$$K_p = K_{M_p} = \left( \frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p} \quad [4.1, \text{ с.430}] \quad (5)$$

$$n_p = 0,75 \quad [4.1, \text{ с.430}]$$

$$K_p = \left( \frac{46}{75} \right)^{0,75} = 0,69$$

$$M_{кр} = 0,0345 \cdot 142 \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot 0,69 = 0,532 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{975}, \text{ кВт} \quad [4.1, \text{ с.437}] \quad (6)$$

$$N_e = \frac{0,532 \cdot 500}{975} = 0,272 \text{ кВт}$$

$$N_e < N_{ст} = 3,5 \text{ кВт}$$

Рассчитываем технически обоснованную норму времени на операцию 025 сверлильную с ЧПУ.

Заготовка: материал – сталь 20

Предел прочности  $\sigma_b = 46 \text{ кгс/мм}^2$

Масса детали 3,73кг

Способ установки: вручную на отв. с упором в торец с креплением гаечным ключом одной гайки.

Инструмент режущий: 1) сверло  $\varnothing 14$  Р6М5;

Размер партии:  $n_g = 100$  шт

Содержание операции по переходам:

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

$$T_{\text{ву}} = 0,18 + 0,11 + 0,23 = 0,52 \text{ мин} \quad [4.3, \text{ с.76...78}]$$

Переход 2...5. Сверлить 4 отв.  $\varnothing 14$

$$L = 32 \text{ мм}$$

$$I = 25 \text{ мм}$$

$$n = 500 \text{ об/мин}$$

$$S = 0,2 \text{ мм/об}$$

$$i = 4$$

$$T_o = \frac{32 \cdot 4}{500 \cdot 0,2} = 1,28 \text{ мин}$$

Машино – вспомогательное время:

на одновременное ускоренное перемещение стола по X и Y:

$$T_{\text{МВ 1}} = 0,03 \cdot 5 = 0,15 \text{ мин}$$

на подвод инструмента в зону резания по Z:

$$T_{\text{МВ 2}} = 0,03 \cdot 4 = 0,12 \text{ мин}$$

установочное:

$$T_{\text{МВ 3}} = 0,1 \cdot 4 \cdot 2 = 0,8 \text{ мин}$$

Всего машино-вспомогательного времени:

$$T_{\text{МВ}} = T_{\text{МВ 1}} + T_{\text{МВ 2}} + T_{\text{МВ 3}}, \text{ мин} \quad (7)$$

$$T_{\text{МВ}} = 1,07 \text{ мин}$$

Время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{ца} = T_O + T_{MB}, \text{ мин}$$

$$T_{ца} = 1,28 + 1,07 = 2,35 \text{ мин}$$

Возможность многостаночного обслуживания:

$$S_M = \left( \frac{T_{ца}}{T_{By} + 0,5 \dots 1,0} + 1 \right) \cdot K_{\partial з} \quad (8)$$

где  $K_{\partial з} = 0,85$  [5, с.19] – коэффициент нормальной занятости

$$S_M = \left( \frac{2,35}{0,52 + 1} + 1 \right) \cdot 0,85 = 2,16 \text{ ст.}$$

Принимаем  $S_M = 3$  станка

Вспомогательное время на операцию, не перекрываемое время автоматической работы станка:

$$T_B = T_{By} + T_{B \text{ изм}} \quad (9)$$

где  $T_{Bоп} = 0,58 \text{ мин}$  [4.3, с.79]

$T_{B \text{ изм}} = 0$  [4.3, с.80]

$$T_B = 0,52 + 0,58 = 1,1 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_B \cdot K_{TB}) \left( 1 + \frac{a_{орг} + a_{тех} + a_{отл}}{100} \right) \quad (10)$$

где  $K_{TB} = 1,0$  [с.50] – поправочный коэффициент на время ручной вспомогательной работы в зависимости от партии деталей.

$a_{орг} = 3,6\%$ ;  $a_{тех} = 1,7\%$ ;  $a_{отл} = 4,0\%$  [4.3, с 12,93]

соответственно время на организационное, техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности в % от оперативного времени

$$T_{шт} = (2,35 + 1,1 \cdot 1,0) \left( 1 + \frac{3,6 + 1,7 + 4}{100} \right) = 3,77 \text{ мин.}$$

Подготовительно - заключительное время :

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3}, \text{ мин} \quad (11)$$

где  $T_{пз1}$  - время на организационную подготовку

$T_{пз2}$  - время на наладку станка, приспособления, инструмента, программного устройства.

$T_{пз3}$  - время на пробную обработку

$$T_{пз1} = 4 + 7 + 2 + 2 = 15 \text{ мин} \quad [4.3 \text{ с } 100]$$

$$T_{пз2} = 8 + 0,4 + 0,7 \cdot 2 + 1,0 + 2,0 + 1,6 + 0,4 = 14,8 \text{ мин} \quad [4.3 \text{ с } 100]$$

$$T_{пз3} = 15 + 14,8 + 5,09 = 34,89 \text{ мин}$$

Штучно - калькуляционное время :

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_{\partial}}, \text{ ми} \quad (12)$$

$$T_{шт.к} = 3,77 + \frac{34,89}{100} = 4,12 \text{ мин}$$

## **БЛОК № 7**

**1. Тема занятия:** Заполнение комплекта тех. документации обработки заданной детали «Фланец».

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в заполнении комплекта тех. документации.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Чертеж заготовки.

3.3. Сведения о серийности производства.

3.4. Маршрутный тех. процесс обработки детали, выполненный ЕСТД.

3.5. Бланки маршрутных и операционно-технологических карт на механическую обработку детали.

3.6. Чертежные принадлежности.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию:**

Л1 Данилевский В. В. «Технология машиностроения», М: Высшая школа, 1984г.

Л2 Метод. указание «курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения», г. Днепропетровск, 1990г.

Л3 Стандарты ЕСТД и ЕСТПП.

### **5. Общие теоретические положения по теме практического занятия:**

При проектировании тех. процессов для станков с ЧПУ производится переработка большого объема информации, которая представляется в виде

различной технологической документации. Технологической документацией называется комплект текстовых и графических документов, определяющих в отдельности или в совокупности тех. процесс изготовления изделия и содержащих данные, необходимые для организации производства.

Технологическая документация, используемая при решении рассматриваемых задач, делится на три группы:

- справочную;
- исходную;
- сопроводительную.

Сопроводительная литература содержит картотеки сведений о станках с ЧПУ, режущем, вспомогательном, и измерительном инструменте, установочно-зажимных приспособлениях, характеристики свойств обрабатываемых материалов, нормативные данные по расчету припусков и посадок, режимов резания и нормирования, методические указания по расчету, кодированию, записи и редактированию УН.

Исходная информация описывает конструктивно-технологические особенности конкретной детали и ее обработки, и включает задания на программирования, маршрутную маршрутно - операционную карту, чертежи детали и заготовки.

Сопроводительная документация разрабатывается в процессе проектирования УП и содержит операционную карту и операционный чертеж детали, карты наладки станка и инструмента, операционно-технологическую карту с эскизом траектории инструментов, полученный на этапе контроля УП. Правила оформления документов на тех. процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ, и виды этих документов регламентированы ГОСТ 3.1418 - 82. В соответствии с этими стандартами при разработке и внедрении тех. процессов, операций и УП на обработку деталей на металлорежущих станках используют следующие основные виды документов:

- маршрутная карта;
- карта тех. процесса;

- операционная карта;
- карта наладки и инструмента;
- карта эскизов;
- карта кодирования информации и вспомогательных инструментов;
- карта заказа на разработку управляющей программы;
- ведомость обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ.

Комплектность тех. документации может меняться в зависимости от принятого на предприятии документоотбора и метода программирования – ручного или с использованием ЭВМ.

## **6. Вопросы для самопроверки**

- 6.1. Какие классы деталей по тех. классификации вы знаете?
- 6.2. В чем заключается анализ технологичности конструкции детали?
- 6.3. Назовите и охарактеризуйте типы машиностроительных производств.
- 6.4. Дайте определение производственному процессу.
- 6.5. Дайте понятие базированию заготовки.
- 6.6. Какие вы знаете тех. документы и для него они предназначены?
- 6.7. Назовите основные требования к заполнению маршрутных и операционных карт и карт эскизов.

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ПКТУ

ДБ71.376.10.09

Фланец

Комплект технологической документации  
обработки детали - "Фланец"

Разработал: А. И. Иванов

Проверил: И. А. Тарусова

Акт №



|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

|           |          |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Разраб.   | Иванов   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Пров.     | Гарусова |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Нормир.   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Н. контр. |          |  |  |  |  |  |  |  |  |

ПКТУ

4571.376.10.09

Фланец

МО1

Сталь 20 ГОСТ 1050-88

| Код | ЕВ  | МД   | ЕН | Н. расх. | КИМ  | Код загот.               | Профиль и размеры | КД | МЗ   |
|-----|-----|------|----|----------|------|--------------------------|-------------------|----|------|
| —   | 166 | 3,73 | 1  | 4,84     | 0,77 | 41211Х.ХХХХ<br>штамповка | Ф154 x 64,5       | 1  | 4,84 |

М 02

А

Б

А 03

В 04

05

06

07

08

09

10

11

12

13

14

15

16

МК

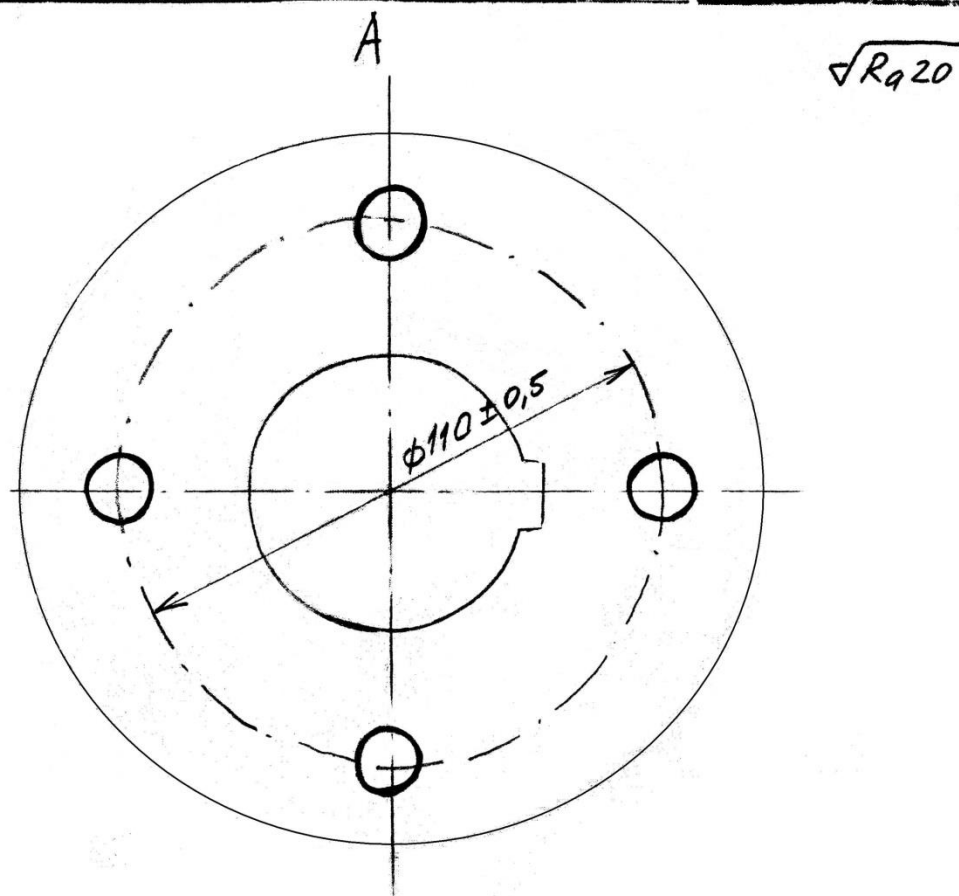
| Цех                            | Уч.  | РМ   | Опер.   | Код, наименование операции           | Обозначение документа |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
|--------------------------------|------|------|---------|--------------------------------------|-----------------------|-------|-----|----|----|------|----|-----|------|--------|------|
| Код, наименование оборудования |      |      |         |                                      | СМ                    | Проф. | Р   | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП  | Конт | Тп. з. | Тшт  |
| XX                             | XX   | XX   | 005     | 4114 Токарная с ЧПУ ИОТ ХХХ          |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| 38                             | 1021 | XXXX | 16K20Ф3 |                                      | 2                     | 15292 | 311 | 1р | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0  | -      | -    |
|                                |      |      |         |                                      |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| XX                             | XX   | XX   | 010     | 4114 Токарная с ЧПУ ИОТ ХХХ          |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| 38                             | 1021 | XXXX | 16K20Ф3 |                                      | 2                     | 15292 | 311 | 1р | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0  | -      | -    |
|                                |      |      |         |                                      |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| XX                             | XX   | XX   | 015     | 4181 Горизонтально-протяжная ИОТ ХХХ |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| 38                             | 1751 | XXXX | 7Б55    |                                      | 2                     | 16458 | 411 | 1р | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0  | -      | -    |
|                                |      |      |         |                                      |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| XX                             | XX   | XX   | 020     | 4131 Сверлильная с ЧПУ ИОТ ХХХ       |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |        |      |
| 38                             | 1022 | XXXX | 2Р135Ф2 |                                      | 2                     | 15292 | 311 | 1р | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0  | 34,89  | 3,77 |

Дубл. \_\_\_\_\_  
 Взам. \_\_\_\_\_  
 Подл. \_\_\_\_\_

4571.376.10.09

| Л    | Цех  | Уч.  | РМ   | Опер.  | Код, наименование операции   | Обозначение документа |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
|------|--|------|------|--------|------------------------------|-----------------------|-------|-----|----|----|------|----|-----|------|-----|------|----|----------|
| Б    | Код, наименование оборудования                 |      |      |        |                              | СМ                    | Проф. | Р   | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП  | Кшт. | Тпз | Тшт. |    |          |
| К М  | Наименование детали, сб. единицы или материала |      |      |        |                              | Обозначение, код      |       |     |    |    |      |    |     | ОПП  | ЕВ  | ЕН   | КИ | Н. расх. |
| А 01 |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| Б 02 |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 03   | XX   | XX   | XX   | 025    | 4261 Фрезерная с ЧПУ ИОТ XXX |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 04   | 38   | 1024 | XXXX | 6P13P3 |                              | 2                     | 15292 | 311 | 1р | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0  | -   | -    |    |          |
| 05   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 06   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 07   | XX   | XX   | XX   | 030    | 0190 Слесарная ИОТ XXX       |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 08   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 09   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 10   | XX   | XX   | XX   | 035    | 0220 контрольная ИОТ XXX     |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 11   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 12   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 13   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 14   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 15   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 16   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |
| 17   |  |      |      |        |                              |                       |       |     |    |    |      |    |     |      |     |      |    |          |

|                              |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
|------------------------------|----------|--|--|-----------------------|--|--|--|-----------|------|----|-------|-------------------|----------|-----|------|------|------|--|--|
| Дубл.                        |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Взам.                        |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Подл.                        |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Разраб.                      | Иванов   |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Пров.                        | Тарусова |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Нормир.                      |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Н. контр.                    |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Наименование операции        |          |  |  | Материал              |  |  |  | Твердость |      | ЕВ | МД    | Профиль и размеры |          |     |      | МЗ   | КОИД |  |  |
| Сверлильная с ЧПУ            |          |  |  | Сталь 20 ГОСТ 1055-88 |  |  |  | HB ≤ 163  |      | 1  | 3,73  | φ 154 × 64,5      |          |     |      | 4,84 | 1    |  |  |
| Оборудование, устройство ЧПУ |          |  |  | Обозначение программы |  |  |  | То        | Тв   |    | Тп.з  | Тшт.              | Сож.     |     |      |      |      |  |  |
| 2 P 135 φ 2                  |          |  |  | XXXXX.XXXXXX          |  |  |  | 1,28      | 1,1  |    | 34,89 | 3,77              | Эмульсия |     |      |      |      |  |  |
| Р                            |          |  |  | Пи                    |  |  |  | Д или В   |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø1                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø2                           | 0        | A  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø3                           | T        | XXXXXX.XXXXXX Приспособление специальное |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø4                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø5                           | 0        | 2...5 Сверлить 4 отв. φ 14               |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø6                           | T        | 391290.XXXX Сверло φ 14 P6M5             |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø7                           | P        |  |  |                       |  |  |  | XXX       | φ 14 | 32 | 7     | 4                 | 0,2      | 500 | 14,1 |      |      |  |  |
| Ø8                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| Ø9                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| 10                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| 11                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| 12                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| 13                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |
| OK                           |          |  |  |                       |  |  |  |           |      |    |       |                   |          |     |      |      |      |  |  |

[illegible]

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

**Тема:** Разработать технологический процесс механической обработки детали типа «Зубчатое колесо» в условиях серийного производства.

**Цель работы :** Разработка технологического процесса механической обработки детали «зубчатое колесо» в условиях серийного производства.

Данное практическое занятие является комплексным заданием, состоящим из нескольких блоков:

**Блок 1-** «Краткое описание заданной детали «Зубчатое колесо», технические условия. Описание химических и физико - механических свойств материала детали «Зубчатое колесо». Качественный анализ технологичности конструкции детали «Зубчатое колесо»

**Блок 2-** «Выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали «зубчатое колесо» с технико- экономическим обоснованием выбора заготовки (с учетом малоотходной технологии)

**Блок 3-** «Рассмотрение заводского технологического маршрута заданной детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка» и его критический анализ»

**Блок 4-** «Установление переработанного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбора оборудования, оснастки, их характеристика для заданной детали зубчатого колеса класса «Втулка»

**Блок 5-** «Расчет операционных, общих припусков и операционных размеров с допуском расчетно-аналитическим методом на обработку одной поверхности заданной детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка» по установленному тех. процессу».

**Блок 6-** «Подробная разработка одной (характерной) операции разработанного тех. процесса обработки заданной детали «Зубчатое колесо» с расчетом режимов резания по переходам и технически обоснованной нормы времени на операцию»

**Блок 7-**«Заполнение комплекса тех. документации обработки заданной детали «Зубчатое колесо»»

## **БЛОК 1**

**1. Тема занятия:** «Краткое описание заданной детали «Зубчатое колесо», технические условия. Описание химических и физико - механических свойств материала детали «Зубчатое колесо». Качественный анализ технологичности конструкции детали «Зубчатое колесо».

**2. Цель занятия:** закрепление теоретических знаний, полученных при изучении материала, связанного с вопросами обработки детали; подготовиться к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение.**

3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали «Зубчатое колесо».

3.2. Заводской технологический процесс мех. обработки детали «Зубчатое колесо».

3.3. Годовая программа выпуска деталей (тип производства).

3.4. Марочник материалов.

3.5. Чертежные принадлежности.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентом при подготовке к практическому занятию.**

4.1. В.В.Данилевский «Технология машиностроения» М.; Высшая школа; 1984г.

4.2. Методические указания для учащихся ПК БГТУ по курсовому проектированию : по МДК 01.01 «Технологические процессы изготовления деталей машин». 2011 .

4.3. ГОСТ 2.308 - 79 (СТ СЭВ 368 - 79).

## **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия.**

Детали класса "Зубчатое колесо" характеризуются наличием точнообработанных и взаимосвязанных наружных и внутренних цилиндрических и торцевых поверхностей.

Диаметральные размеры наружных цилиндрических поверхностей обрабатываются по 7-9 квалитетам точности, реже по 6 квалитету.

Шероховатость наружных цилиндрических поверхностей  $Ra=1.6...0.8\text{мкм}$ ; внутренних поверхностей  $Ra =1.6...0.1\text{мкм}$ . Высокие требования предъявляются к соосности наружных цилиндрических поверхностей, а также к перпендикулярности торцевых поверхностей к оси отверстия.

В качестве материалов для таких деталей используют стали, чугуны, цветные металлы и сплавы, минералокерамика, пластмассы.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1 Рассмотреть чертеж (эскиз), проанализировать конструкцию детали и дать краткое описание заданной детали "Зубчатое колесо".

Проанализировав исходный чертеж детали, учащийся должен указать наименование детали; номер чертежа; в какую сборочную единицу входит и к какому классу относится заданная деталь, охарактеризовать назначение детали; указать, каким нагрузкам деталь подвергается при работе. Далее должны быть проанализированы технические требования, а именно:

- точность диаметральных и линейных размеров;
- точность геометрической формы поверхностей детали (конусность, овальность, бочкообразность и т.п.);
- точность взаимного расположения поверхностей детали (соосность поверхностей, биение, параллельность, перпендикулярность и т.п.);
- шероховатость поверхностей;
- твердость поверхностей (HB, HRC).



**Примечание.** Если конкретное назначение данной детали неизвестно, следует описать его, базируясь на разделе «Детали машин» предмета «Техническая механика».

6.2 На основании анализа чертежа детали "Зубчатое колесо" следует описать из какого материала изготавливается деталь: марка материала, ГОСТ, химический состав и физико - механические свойства, воспользовавшись при этом марочным материалов.

6.3 Далее необходимо дать качественную оценку технологичности конструкции детали. Изучение чертежа детали позволит лучше узнать конструкцию заданной детали, уяснить требования к ней, составить представление о степени ее сложности, точности, технологичности. После изучения чертежа необходимо составить описание детали: наименование, назначение, функции ее в узле, взаимодействие с сопрягаемыми деталями, характер нагрузки, условия, в которых она работает, форма и размеры детали. Конструкцию детали необходимо рассмотреть по наиболее важным обрабатываемым поверхностям. Если качество точности размеров поверхностей деталей не выше 6-го, то деталь по точности считается технологичной. Если для обработки детали не требуются доводочные операции (суперфиниш, хонингование, доводка ...), то деталь по шероховатости считается технологичной. Деталь считается нетехнологичной, если для выполнения технических требований или размеров, требуется специальное прецизионное оборудование.

Кроме того, оценивая технологичность детали, необходимо учитывать разнообразие поверхностей детали ( плоская, цилиндрическая, сложная ) и, как следствие, форма заготовки, применение сложных специальных приспособлений, инструмента, а также специального оборудования.

## **7. Пример выполнения практического занятия**

### **1. Краткое описание детали, технические условия.**



1.1. Деталь ДБ59.220.04.01 «Шестерня» представляет собой типовое тело вращения типа «Зубчатое колесо». Толщина детали – 27мм, наибольший диаметр детали  $\varnothing 168\text{мм}$ .

Деталь имеет осевое резьбовое отверстие М24-7Н длиной  $L=20\text{мм}$ .

На левом торце расположена выточка диаметром  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$  с фаской  $0,5 \times 45^\circ$  длиной  $L = 7\text{мм}$  под углом  $120^\circ$  на детали расположены три фигурных паза шириной  $B=18\text{мм}$  и 3 резьбовых отв. М12-7Н глубиной  $\ell=20\text{мм}$ .

Технические требования:

1. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по Н14, валов - по h14, остальных -  $\pm IT 14/2$ ;
2. Допуск радиального биения делительного диаметра относительно диаметра 144 не более 0,005мм.

## **1.2 Материал детали, химический состав и физико - механические свойства.**

Деталь ДБ59.220.04.01 "Шестерня" изготавливается из углеродистой качественной конструкционной стали 20 ГОСТ 1050 - 88.

| Химический состав стали 20 | %             |
|----------------------------|---------------|
| Углерод С                  | 0.17 ... 0.24 |
| Кремний Si                 | 0.17... 0.37  |
| Марганец Mn                | 0.35... 0.65  |
| Медь Cu                    | не более 0.25 |
| Сера S                     | не более 0.04 |
| Фосфор Р                   | не более 0.04 |
| Хром Сг                    | не более 0.25 |

Физико-механические свойства:

Временные сопротивления разрыву  $\sigma_B = 42$  кгс/мм<sup>2</sup>

Предел текучести  $\sigma_T = 25$  кгс/мм<sup>2</sup>

Относительное удлинение  $\delta = 25$  %

Относительное сужение  $\psi = 55$  %

Твердость HB  $\leq 163$

Плотность  $\rho = 7,85$  г/см<sup>3</sup>

### **1.3 Качественный анализ технологичности конструкции детали.**

Рассматривая конструкцию детали с точки зрения технологичности изготовления замечаем следующее.

1. Все поверхности детали доступны и удобны при механической обработке.
2. Деталь прочная и жесткая, что позволяет применять оптимальные режимы резания и усилие закрепления детали.
3. Точность механически обрабатываемых поверхностей не превышает 7 квалитет, что позволяет вести механическую обработку детали на станках нормальной точности.
4. Шероховатость механически обрабатываемых поверхностей не ниже Ra = 2.5 мкм что позволяет не производить отделочных дорогостоящих операций.
5. Выполнение технических требований чертежа детали не представляет трудностей при выполнении принципа единства и преемственности баз в серийном производстве.

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что конструкция детали технологична.

## **8. Вопросы для самопроверки.**

8. 1 Конструктивные особенности деталей класса «Зубчатое колесо».

8.2 Материал, заготовки, тех. требования к зубчатым колесам.

8.3 Методы нарезания зубьев.

8.4 Особенности механической обработки зубчатых колес.

8.5 Нарезание конических зубчатых колес.

8.6 Нарезание червячных зубчатых колес.

## **9. Домашнее задание.**

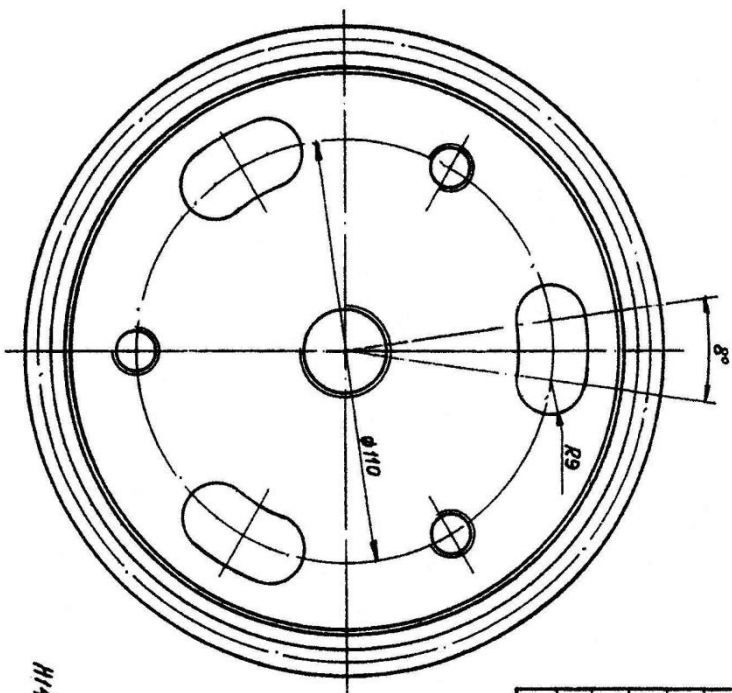
9.1 Закончить оформление отчета по практическому занятию № 15.

9.2 Подготовиться к сдаче отчета.

4559. 220. 04. 01

$$\sqrt{R_{910}(v)}$$

|  |   |                        |
|--|---|------------------------|
| Модель   | М | З                      |
| Число свечей   | З | 54                     |
| Нормативный расход топлива комм. автотранспортных средств с дизельными двигателями | - | 78,2<br>1975-81        |
| Диагностика точности   | Х | 0                      |
| Длина вала двигателя   | - | 76<br>1971-83-78       |
|  | W | 59,835-78,2<br>1975-81 |


$$H14; h14; \pm 1714/2$$

Материал детали: Сталь 20 ГОСТ 1050-88  
Масса детали:  $m_T = 3,7 \text{ кг}$ .  
Производство: серийное

## **БЛОК 2**

**1. Тема занятия:** «Выбор вида и метода получения заготовки для заданной детали «зубчатое колесо» с технико - экономическим обоснованием выбора заготовки (с учетом малоотходной технологии).

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в выборе вида и метода получения заготовки для заданной детали «зубчатое колесо» с технико - экономическим обоснованием её выбора; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

- 3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали «зубчатое колесо» типа втулка.
- 3.2 Исходные данные по материалу и т. п.
- 3.3 Сведения о серийности производства (производство - серийное).
- 3.4 Нормативно - справочная литература.
- 3.5 Чертежные принадлежности.
- 3.6 Микрокалькулятор.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию:**

4.1 Справочник технолога - машиностроителя (том 1 под редакцией А. Г. Косиловой, Р. К. Мищерекова, М., Маш., 1986г.)

4.2 Методическая разработка для организации самостоятельной работы студентов по выбору метода получения заготовки.

4.3 ГОСТ 7505 - 85; ГОСТ 2590 - 80; ГОСТ 7062 - 79; ГОСТ 26645 - 85.

**5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия:**

Выбор вида заготовки определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями и размерами, типом производства, а также экономичностью изделия.

Выбрать заготовку - значит:

1. Определить химический состав и механические свойства материала детали;
2. Установить способ получения заготовки;
3. Определить общие припуски на обработку поверхностей детали;
4. Рассчитать размеры заготовки и установить допуски на неточность изготовления;
5. Рассчитать массу заготовки;
6. Определить коэффициент использования материала и сравнить его с нормативным;
7. Вычертить эскиз заготовки.

При правильно выбранном способе получения заготовки уменьшается трудоемкость механической обработки, сокращается расход материала, электроэнергии, высвобождается оборудование и производственные площади. При выборе заготовки необходимо принимать наиболее прогрессивные методы получения, не забывая об экономической целесообразности.

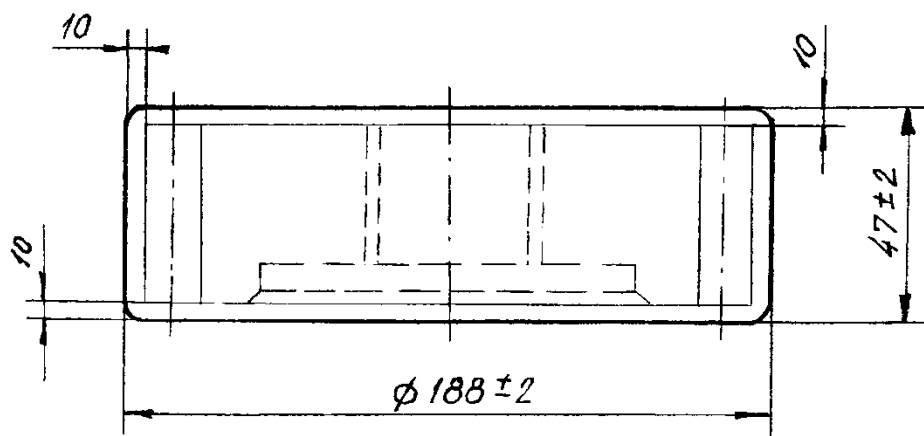
## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Выбор вида и метода получения заготовки (с учетом требований малоотходной технологии).

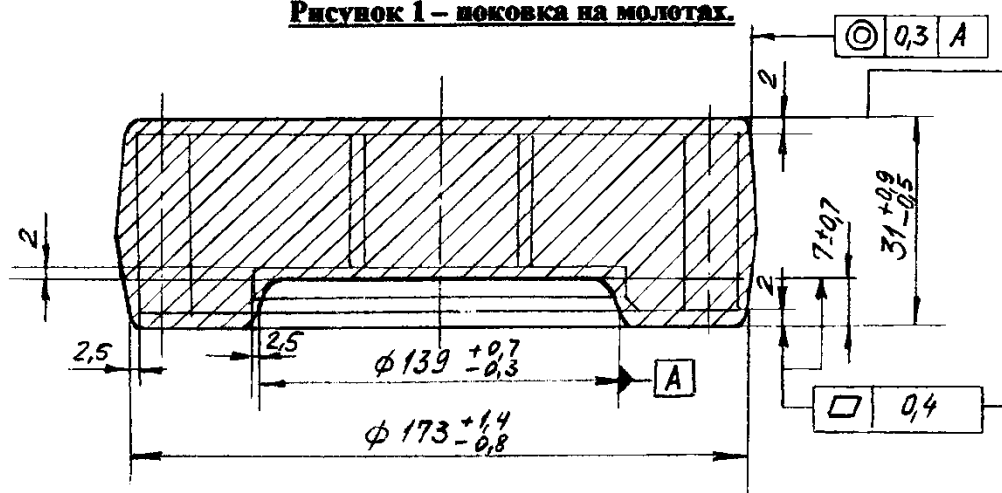
В машиностроении применяют различные виды заготовок: прокат, отливки, поковки, штамповки, сварные конструкции, и другие виды заготовок.

В заводском варианте тех. процесса в качестве заготовки применяется поковка, получаемая свободной ковкой на молотах.

В разработанном варианте тех. процесса, учитывая материал и массу, модификацию детали, назначение и масштаб выпуска, предлагается в качестве заготовки штамповка в закрытых штампах.



**Рисунок 1 – поковка на молотах.**



**Рисунок 2 – штамповка в закрытых штампах.**

Группа стали – М2

Степень сложности – С1

Класс точности – Т3

Исходный индекс – 10

Штамповочные уклоны до 5°

Штамповочные радиусы – R2

Технические требования по ГОСТ 8479-70

## **2. Техничко - экономическое обоснование выбора заготовки.**

Техничко-экономическое обоснование выбора заготовки производим по коэффициенту использования материала и стоимости получения заготовки.

### **1) Заготовка – поковка на молотах**

Масса заготовки

$$M1 = ((\pi * 18,8 * 4,7 * 7,85) / 4) = 10241 \text{ г} = 10,2 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала определяют по формуле:

$$K_{и} = M_{д} / M_{з}$$

Где  $M_{д}$  – Масса детали, кг;

$M_{з}$  – Масса заготовки, кг.

$$K_{и} = 3,7 / 10,2 = 0,36$$

Стоимость получения заготовки:

$$S = (C * M_{з}) / 1000 - (M_{з} - M_{д}) * C_{отх} / 1000, \text{ руб}$$

Где  $C1 = 47390 \text{ руб/т}$  - стоимость 1т поковок на ЗАО «УК «БМЗ» на 01.01.11г

$C_{отх} = 510 \text{ руб/т}$  - стоимость 1т отходов на ЗАО «УК «БМЗ» на 01.01.11г

$$S1 = (47390 * 10,2) / 1000 - (10,2 - 3,7) * 510 / 1000 = 480,06 \text{ руб}$$

### **2) Заготовка – штамповка на ГKM**

Масса заготовки

$$M2 = ((\pi * 17,32 * 3,1 / 4) - (\pi * 13,92 * 0,7 / 4)) * 7,85 = 4886 \text{ г} = 4,9 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала

$$K_{и} = 3,7 / 4,9 = 0,755$$



Стоимость получения заготовки

$$S_2 = (53400 \cdot 4,9) / 1000 - (4,9 - 3,7) \cdot 510 / 1000 = 261,05 \text{ руб}$$

Где  $S_2 = 53400$  руб/т - стоимость 1т штамповок на ЗАО «УК «БМЗ» на 01.01.11г

Таблица 2.1 - Сравнительная

| Вид заготовки    | Ки    | S, руб |
|------------------|-------|--------|
| Поковка          | 0,36  | 4806   |
| Штамповка на ГKM | 0,755 | 261,05 |

Сравнительная таблица показывает, что выбранный в разработанном тех. процессе вариант заготовки в виде штамповки в закрытых штампах предпочтителен, т.к. у неё коэффициент использования материала выше, а себестоимость получаемая – выше, чем у паковки на молотах.

## **БЛОК №3**

**1. Тема занятия:** «Рассмотрение заводского технологического маршрута заданной детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка» и его критический анализ».

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в рассмотрении и критическом анализе заводского (базового) технологического маршрута заданной детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка»; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертёж (эскиз) детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка».

3.2. Отчет по практическому занятию № 16

3.3 Сведения о серийности производства. (производство - серийное).

3.4. Нормативно - справочная литература.

**4. Указание на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию** 4.1. В.В. Данилевский «Технология машиностроения» М., Высшая школа, 1984г.

4.2. Справочник технолога – машиностроителя , том 1 под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, М., Маш., 1986г.

### **5. Общие теоретические положения по теме практического занятия**

При выполнении данного практического занятия следует учитывать изученные правила состояния технологических маршрутов мех. обработки различных деталей. Можно пользоваться заводскими (базовыми) тех. процессами на обработку аналогичных деталей. При этом следует уделить внимание выбору черновой базы, соблюдению принципа единства баз и принципа постоянства установочных баз.

При рассмотрении заводского технологического маршрута механической обработки заданной детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка» следует проанализировать применение технологического оборудования и приспособления, а также наличие технологических баз. Критически рассмотрев базовые варианты технологического маршрута обработки заданной детали, студент должен предложить ряд мероприятий, позволяющий значительно улучшить заводской технологический маршрут и основные технико-экономические показатели. Этого можно достичь за счет замены (там, где это возможно) универсального оборудования высокопроизводительным и эффективным оборудованием.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Выполнение эскиза детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка» с простановкой всех необходимых размеров, параметров шероховатости и др.

6.2. Переписать заводской тех. процесс в следующей форме:

Операция ХХХ Название операции.

Оборудование: станок мод. ...

Приспособление: ...

Технологические базы: ...

Содержание операции: ...

6.3. Критически рассмотрев заводской технологический маршрут мех. обработки детали, студент должен предложить ряд мероприятий по усовершенствованию базового варианта тех. процесса.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. Виды тех. процессов по ГОСТ 14.009-82.

7.2. Основные принципы проектирования тех. процессов.

7.3. Исходная информация, необходимая при проектировании тех. процессов.

7.4. Основные этапы проектирования тех. процессов.

7.5. Особенности технологического проектирования с применением станков с ЧПУ.

### **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформления отчета по практическому занятию № 17

8.2. Подготовиться к сдаче отчета.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный на предыдущих уроках.

### **9. Схема отчета.**

Практическое занятие № 17

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

## **ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Заводской технологический процесс и его критический анализ.

Заводской тех. процесс мех. обработки детали ДБ.59.220.04.01 «Шестерня» следующий:

### **Операция 005 Токарно-винторезная**

Оборудование: станок мод. 16K20

Приспособление: 3-х кулачковый патрон.

Технологические базы: наружный диаметр заготовки и её торец.

Точить и расточить заготовку окончательно с одной стороны.

### **Операция 010 Токарно-винторезная**

Оборудование: станок мод. 16K20

Приспособление: 3-х кулачковый патрон

Технологические базы: торец и  $\varnothing 144$

Точить заготовку с другой стороны окончательно.

### **Операция 015 Радиально-сверлильная**

Оборудование: станок мод. 2H53

Приспособление: кондуктор

Технологические базы: торец и  $\varnothing 144$

Сверлить 3 отв.  $\varnothing 17$ , сверлить 3 отв.  $\varnothing 10,2$ , нарезать резьбу M12-7H

### **Операция 020 Вертикально-фрезерная**

Оборудование: станок мод. 6H13П

Приспособление: специальное поворотное

Технологические базы: отв.  $\varnothing 17$ , торец и  $\varnothing 144$

Фрезеровать 3 радиальных паза 18мм с поворотом детали.

### **Операция 025 Зубофрезерная**

Оборудование: станок мод. 5E32

Приспособление: оправка специальная

Технологические базы: торец и  $\varnothing$  144

Фрезеровать 54 зуба  $m=3\text{мм}$  с припуском под шлифование 0,3мм.

### **Операция 030 Зубофрезерная**

Оборудование: станок мод. 5843

Приспособление: специальное

Технологические базы: торец и  $\varnothing$  144

Шлифовать 54 зуба  $m=3\text{мм}$ .

### **Операция 035 Слесарная**

Зачистить заусенцы и острые кромки.

### **Операция 040 Контрольная**

Критически рассмотрев заводской вариант тех. процесса мех. обработки детали «Шестерня» с точки зрения серийности производства, снижения трудоемкости изготовления детали, повышения производительности труда, снижение себестоимости предлагается следующее:

1. В связи с уменьшением припусков на мех. обработку применить оптимальные режимы резания;
2. Токарную обработку производить на станках с ЧПУ;
3. Сверление отверстий по контуру заменить обработкой в установочном приспособлении на станке с ЧПУ.
4. Обработку радиальных пазов производить в специальном приспособлении на станках с ЧПУ.

## **БЛОК 4**

**1. Тема занятия:** «Установление переработанного тех. процесса с обоснованием выбора баз, выбора оборудования, оснастки, их характеристика для заданной детали зубчатого колеса класса «Втулка».

**2. Цель занятия:** «Получение практических навыков в переработке заводского маршрута тех. процесса с обоснованием выбора баз, оборудования, оснастки для заданной детали; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1 Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2 Сведения о серийности производства (производство - серийное)

3.3 Отчет по практическим занятиям № 15-17

3.4 Нормативно - справочная литература.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентами при подготовке к практическому занятию**

4.1 Справочник технолога машиностроителя, том 1, 2, под ред. А.Г. Косиловой и

Р.К. Мещерякова, М., Маш., 1990г.

4.2 Ю.И. Кузнецов и др. «Оснастка для станков с ЧПУ» справочник , М., Маш., 1990г.

4.3 «Обработка металла резанием», справочник технолога под ред. А.А. Панова, М., Маш., 1988г.

### **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия**

В разработку технологического процесса обработки детали входит:

- Установление последовательности выполнения операций.

- Выбор базовых поверхностей.
- Выбор станков.
- Выбор приспособлений.
- Выбор текущего инструмента.

Последовательность выполнения операций зависит от следующих факторов:

- Конструктивной формы и размеров детали.
- Масштаба производства.
- Свойств обрабатываемого материала.
- Точности изготовления детали.
- Качества обрабатываемых поверхностей.
- Экономичности проектируемого технологического процесса.

При установлении последовательности выполнения операций следует руководствоваться следующими соображениями:

1. В первую очередь обрабатывать те поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке (например: центровые отверстия у деталей типа “валов”, плоскость основания у деталей типа “корпус”).
2. Затем обрабатываются поверхности, имеющие наибольший припуск.
3. Затем обрабатываются остальные поверхности в последовательности обратной точности: более точные поверхности обрабатываются на финишных конечных операциях.
4. Поверхности, связанные точностью относительно положения, обрабатываются при одной установке и в одной позиции.
5. Если деталь подвергается термической обработке, то технологический процесс механической обработки разделяется на две части - до термической и после нее.

Выбор баз является одним из важнейших вопросов при разработке технологического процесса механической обработки деталей. Особенно важно правильно выбрать базовую поверхность для выполнения первой операции.

При выборе черновых базовых поверхностей следует руководствоваться следующими правилами:



## **Правила выбора черновых базовых поверхностей:**

1. Черновая базовая поверхность должна обеспечивать устойчивое положение детали в приспособлении.
2. Черновая базовая поверхность должна занимать четкое положение относительно других поверхностей, быть ровной и чистой.
3. У деталей, у которых в обработанном виде остаются необработанные поверхности, за черновые базы принимаются эти необработанные поверхности.
4. У деталей, у которых все поверхности подлежат обработке, за черновые базы принимаются поверхности с наибольшими припусками и наибольшими размерами.

## **Правила выбора чистовых базовых поверхностей:**

1. За чистовые базы принимаются чистовые поверхности, от которых заданы основные размеры до других обрабатываемых поверхностей. Во всех случаях, когда это возможно, необходимо совмещать конструкторские и технологические базы.
2. Для достижения механической обработки измерительные базы необходимо использовать в качестве установочных баз (принцип совмещения баз).
3. Для достижения точности механической обработки рекомендуется обработку всех поверхностей детали осуществлять от одной и той же базы (принцип единства баз).

Выбираемые базовые поверхности должны обеспечивать простоту и надежную конструкцию приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

Оборудование выбирается в зависимости от характера операций, годовой программы и должно обеспечивать:

- Выполнение технических требований, предъявляемых к изготовлению детали.
- Соответствие основных размеров рабочей зоны станка, габаритных размеров детали.
- Возможно полное использование станка по времени мощности.
- Высокую производительность, соответствующую заданной программе выпуска.
- Наиболее низкую стоимость обработки.
- Решающим фактором при выборе станка является экономичность обработки, критерием которой служит время, затрачиваемое на обработку или производительность станка.

Выбор оборудования производится по каталогу металлорежущих станков.

Выбор приспособлений производится в зависимости от вида обработки, типа станка и типа производства. Для крупносерийного и массового производства характерно применение высокопроизводительных специальных приспособлений, снабженных быстродействующими зажимными устройствами. В серийном, мелкосерийном и единичном производствах применяются в основном универсальные, универсально-наладочные, универсально-сборные приспособления.

Выбранные приспособления должны обеспечивать:

- Правильную установку детали.
- Повышение производительности за счет снижения вспомогательного и машинного времени.
- Надежность и безопасность работ.
- Автоматическое получение заданной точности.
- Расширение технологических возможностей станка.
- Экономичность обработки.

Выбор приспособлений рекомендуется производить по справочнику технолога-машиностроителя т.1, каталогу УСП, альбому станочных приспособлений.

Выбранный инструмент должен обеспечивать при заданной точности и шероховатости обработки высокую скорость резания и стойкость.

Применение того или иного инструмента зависит от вида обработки, оборудования, типа производства.

В единичном производстве, мелкосерийном, в основном используется универсальный инструмент. В крупносерийном и массовом производствах широко используют специальные инструменты.

Материал режущей части инструмента выбирается в зависимости от:

- Механических свойств обрабатываемого материала.
- Состояния поверхности обрабатываемого материала.
- Характера обработки.

Выбор инструментов и их параметров рекомендуется производить по соответствующим ГОСТам, а также стандартам предприятия.

В качестве поверочного инструмента следует выбирать такой инструмент, который обеспечивает быстроту и точность проверки, не требует больших затрат времени и высокой квалификации рабочих.

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида измеряемой поверхности, точности механической обработки поверхностей, типа производства.

В единичном и мелкосерийном производстве принимаются универсальные измерительные инструменты; штангенциркуль, микрометры, штихмассы, глубиномеры и др.

В крупносерийном и массовом производствах применяют калибры, шаблоны, автоматические измерительные устройства.

Выбор мерительных инструментов производится по соответствующим ГОСТам, а также стандартам предприятий.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Проанализировав заводской маршрут механической обработки детали зубчатого колеса класса «Втулка», разработать усовершенствованный

технологический процесс мех. обработки заданной детали с учетом предложенных мероприятий, улучшающих технико-экономические показатели тех. процесса.

6.2. Выбрать и описать технические характеристики станков, применяемых в разработанном тех. процессе.

6.3. Выбрать и описать комплект режущего и измерительного инструмента, применяемого в разработанном тех. процессе.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. Особенности технологического проектирования для станков с ЧПУ.

7.2. Чем следует руководствоваться при установлении последовательности выполнения операций?

7.3. Каковы правила выбора черновых баз?

7.4. Каковы правила выбора чистовых баз?

7.5. Как выбирается тех. оборудование и что оно должно обеспечивать?

7.6. Что должны обеспечивать выбранные приспособления и инструменты?

## **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 18

8.2. Подготовиться к сдаче зачета по практическому занятию.

8.3. Повторить теоретический материал, изученный при подготовке данному практическому занятию.

## **9. Схема отчета.**

Практическое занятие №

1. Тема занятия.

2. Цель занятия.

3. Материальное обеспечение.

4. Выполнение работы.

Пример выполнения работы №.

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Разработанный вариант мех. обработки детали «Шестерня» следующий:

### **Операция 005 Токарная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 16K20Ф3

Приспособление: 3-х кулачковый пневмопатрон

Технологические базы: наружный диаметр заготовки и её торец

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2. Точить торец предварительно
3. Точить торец в размер  $29-0,2$
4. Сверлить отверстие  $\varnothing 21$
5. Расточить торец  $\varnothing 144$  предварительно
6. Расточить торец предварительно в размер  $6,5+0,2$ , расточить  $\varnothing 143+0,2$
7. Расточить фаску  $0,5 \times 45^\circ$ ,  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$ , торец,  $\varnothing 144$  в размер  $7 \pm 0,15$
- 4,5 Нарезать резьбу M24 – 7H

### **Операция 010 Токарная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 16K20Ф3

Приспособление: 3-х кулачковый пневмопатрон

Технологические базы: внутренний  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$  и торец детали

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2. Точить торец заготовки предварительно
3. Точить торец в размер  $27-0,2$
4. Точить наружный  $\varnothing 168$  предварительно
5. Точить наружный  $\varnothing 168-0,1$

### **Операция 015 Сверлильная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 2P135Ф2

Приспособление: специальное

Технологические базы: внутренний  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$  и торец детали

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2...4 Сверлить 3 отверстия  $\varnothing 17$

5...7 Сверлить 3 отверстия  $\varnothing 10,2$

8...10 Нарезать резьбу M12 - H7 в 3-х отверстиях

### **Операция 020 Фрезерная с ЧПУ**

Оборудование: станок мод. 6P13Ф3

Приспособление: специальное

Технологические базы: внутренний  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$ , торец детали, внутренний  $\varnothing 10,2$

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2,4 Фрезеровать 3 паза 18мм, выдерживая углы  $8^\circ$

### **Операция 025 Зубофрезерная**

Оборудование: станок мод. 5K310

Приспособление: специальное

Технологические базы: внутренний  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$ , торец заготовки

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2. Фрезеровать 54 зуба  $m = 3\text{мм}$  с припуском 0,1мм на сторону под шлифование

### **Операция 030 Зубошлифовальная**

Оборудование: станок мод. 5A841

Приспособление: специальное

Технологические базы: внутренний  $\varnothing 144^{+0,23}_{+0,19}$ , торец заготовки, впадина зуба

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

2. Шлифовать 54 зуба  $m = 3\text{мм}$ , выдерживая длину общей нормали  
 $W = 59,835^{-0,079}_{-0,105}$

### Операция 035 Слесарная

Зачистить заусенцы и острые кромки

### Операция 040 Контрольная

## 2. Оборудование, применяемое в разработанном тех. процессе

### Операция 005, 010

Техническая характеристика станка модели 16К20Ф3

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки

над станиной, мм 400

над суппортом, мм 220

Шаг нарезаемой резьбы до 20мм

Частота вращения шпинделя, об/мин 12,5-2000

Подача, мм/мин

поперечная 1,5-600

продольная 3,0-1200

Мощность электродвигателя главного движения, кВт 10

Устройство ПУ НС31

Число одновременно управляемых координат 2

Дискретность задания размеров, мм

по оси X 0,01

по оси Y 0,005

Дискретность цифровой индикации 0,001

## Операции 015

Техническая характеристика вертикально - сверлильного станка 2Р135Ф2:

|   |          |
|---|----------|
| Наибольший условный диаметр сверления в стали, мм                             | 35       |
| Рабочая поверхность стола, мм   | 400×710  |
| Наибольшее расстояние от торца шпинделя до раб. пов. стола, мм                | 600      |
| Вылет шпинделя, мм  | 450      |
| Наибольшее вертикальное перемещение револьверной головки, мм                  | 560      |
| Конус Морзе шпинделя  | 4        |
| Число скоростей шпинделя  | 12       |
| Частота вращения шпинделя, об/мин   | 45-2000  |
| Число подач шпинделя ( револьверной головки )                                 | 18       |
| Подача шпинделя, мм/мин   | 10 - 500 |
| Мощность электродвигателя главного движения, кВт                              | 3,7      |
| Система ПУ  | 2П32     |
| Число управляемых координат   | 3        |
| одновременно  | 2        |
| Точность межосевых расстояний отверстий образца после чистовой обработки, мкм | 8        |
| Дискретность задания линейных размеров, мм                                    | 0,010    |

## Операция 020

Техническая характеристика вертикально - фрезерного консольного станка 6Р13Ф3

|                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| Рабочая поверхность стола, мм    | 400×1600 |
| Наибольшее перемещение стола, мм |          |
| продольное                       | 1000     |
| поперечное                       | 400      |
| вертикальное                     | 380      |
| Внутренний конус шпинделя (7:24) | №50      |
| Число скоростей шпинделя         | 18       |



|  |           |
|--|-----------|
| Частота вращения шпинделя, об/мин                        | 40 - 2000 |
| Число подач стола  | 6 /с      |
| Подача стола, мм/мин                                     |           |
| продольная и поперечная                                  | 10 - 1200 |
| вертикальная   | 10 - 1200 |
| Скорость быстрого перемещения                            |           |
| стола продольного, поперечного, вертикального, мм/мин    | 2400      |
| Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт | 7,5       |
| Устройство ЧПУ   | 2С42      |
| Число управляемых координат                              | 3         |
| одновременных  | 2         |
| Дискретность отсчета координат, мм                       | 0,01      |

### Операция 025

Краткая характеристика зубофрезерного станка модели 5К310:

|   |                |
|---|----------------|
| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм | 200            |
| Наибольший нарезаемый модуль, мм                | 4              |
| Наибольшая длина зуба, мм                       | 200            |
| Угол наклона зубьев                             | $\pm 60^\circ$ |
| Наибольший диаметр устанавливаемых фрез, мм     | 125            |
| Наибольшее осевое перемещение фрезы, мм         | 50             |
| Частота вращения шпинделя инструмента, об/мин   | 63...480       |
| Подача заготовки, мм/об                         |                |
| вертикальная или продольная                     | 0,63...4,0     |
| радиальная                                      | 0,135 -2       |
| Мощность электродвигателя главного привода, кВт | 4              |

### Операция 030

Краткая механическая характеристика зубошлифовального станка модели 5А841:

|  |          |
|--|----------|
| Диаметр обрабатываемого зубчатого колеса, мм | 30...320 |
| Модель, мм                                   | 1,5...8  |

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Наибольшая длина шлифуемого колеса, мм                   | 150                         |
| Наибольший угол наклона колеса                           | $\pm 45^\circ$              |
| Шлифовальный круг  | конический                  |
| Наибольшие размеры шлифовального круга                   | $\varnothing 350 \times 32$ |
| Частота вращения шлифовального круга, об/мин             | 1920                        |
| Вертикальная подача суппорта заготовки                   | 6...800                     |
| Число зубьев обрабатываемых колес                        | 10...250                    |
| Вертикальная подача суппорта, мм/мин                     | 6...800                     |
| Радиальная подача шпиндельной бабки за один ход суппорта | 0,01...2,4                  |
| Мощность электродвигателя главного привода, кВт          | 1,5                         |

### 3. Оснастка, применяемая в разработанном техпроцессе:

#### Операция 005

Режущий инструмент:

1. Резец проходной  $\varphi = 95^\circ$  T5K10 PCLNR 2525 TY2- 035- 892- 82
2. Резец расточной  $\varphi = 95^\circ$  T5K10 К. П. 4182.000 - 10 TY2- 035- 1040- 86
3. Резец расточной  $\varphi = 95^\circ$  T15K6 К. П. 4182.000 - 10 TY2- 035- 1040- 86
4. Резец резбовой  $t = 3$  T15K6 специальный
5. Сверло  $\varnothing 21$  P6M5 035-2301-1065 ост 21120-2-80

Мерительный инструмент:

1. ШЦ I - 0,1 - 125 ГОСТ 166 - 89
2. ШЦ II - 0,05 - 400 ГОСТ 166 - 89
3. Пробка  $\varnothing 144_{+0,19}^{+0,23}$  специальная
4. Пробка M24 -7H 8221 - 3012 ГОСТ 17758 - 72

#### Операция 010

Режущий инструмент:

1. Резец проходной  $\varphi = 95^\circ$  T5K10 [(2) T15K6] PCLNR 2525 TY2- 035- 892- 82

Мерительный инструмент:

1. ШЦ I - 0,1 - 125 ГОСТ 166 - 89
2. ШЦ II - 0,05 - 400 ГОСТ 166 - 89
3. Скоба Ø168h9 специальная

### **Операция 015**

Режущий инструмент:

1. Сверло Ø17 P6M5 035- 2301 -1046 ост 21120 - 2 - 80
2. Сверло Ø10,2 P6M5 035- 2301 -1018 ост 21120 - 2 - 80
3. Метчик M12-7H P6M5 035 – 2620 -0534 ост 21152 - 1 - 74

Мерительный инструмент:

1. Пробка M12-7H 8221 - 3053 ГОСТ 17758 - 72

### **Операция 020**

Режущий инструмент:

1. Фреза концевая Ø16 P6M5 035 - 2223 - 0102 ост 21162 - 2 - 75

Мерительный инструмент:

1. ШЦ I - 0,1 - 125 ГОСТ 166 - 89

### **Операция 025**

Режущий инструмент:

1. Фреза червячная  $m = 3$  черновая специальная

Мерительный инструмент:

1. Штангензубомер  $m = 3...8$  ТУ2 - 034 - 773 - 84

### **Операция 030**

Режущий инструмент:

1. Шлифовальный круг ПП 350×25×127 39Л40П СМ1,7 ГОСТ2424 - 83  
специальный

Мерительный инструмент:

1. Скоба на длину общей нормали  $59,835 \begin{smallmatrix} -0,079 \\ -0,105 \end{smallmatrix}$  специальная

## **БЛОК №5**

**1. Тема занятия:** «Расчет операционных, общих припусков и операционных размеров с допуском расчетно-аналитическим методом на обработку одной поверхности заданной детали «Зубчатое колесо» типа «Втулка» по установленному тех. процессу».

**2. Цель занятия:** получение практических навыков в расчете операционных, общих припусков и операционных размеров с допусками расчетно - аналитическим методом; подготовка к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Сведения о серийности производства - производство серийное.

3.3. Отчеты по практическим занятиям № 15-18

3.4. Чертежные принадлежности.

3.5. Микрокалькуляторы

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан студентами при подготовке к практическому занятию**

4.1. В.В. Данилевский «Технология машиностроения» М., Высшая школа, 1984г.

4.2. А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков «Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении»; Справочник; М., Маш., 1976г.

4.3. ГОСТ 7805 – 89.

### **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия**

Припуски на мех. обработку - это слой металла, срезаемый или пластически деформируемый в процессе обработки заготовки для получения заданной формы, размеров и качества поверхностей.

Операционный припуск - это слой металла, срезаемый или пластически деформируемый при выполнении определенного технологического перехода.

Общий припуск - это суммарная величина общих припусков по всему технологическому маршруту обработки заданной поверхности.

Расчет припусков аналитическим способом производится по методике профессора В.М Кована. При каждом выполняемом технологическом переходе механической обработки необходимо предусмотреть минимальный припуск, достаточный для ликвидации имеющихся погрешностей выполняемого перехода, влияющих на припуск.

Расчет минимальных припусков в зависимости от вида обработки производится по формулам, приведенным в таблице 1:

Таблица 1. Формулы расчета припусков в зависимости от вида обработки.

| Вид обработки  | Расчетная формула  |
|--|--|
| 1. Последовательная обработка противоположных или отдельно расположенных поверхностей.                 | $Z_{imin} = R_{zi-1} + T_{i-1} + p_{i-1} + E_i$                            |
| 2. Параллельная обработка противоположных плоскостей.  | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1} + p_{i-1} + E_i)$                          |
| 3. Обработка наружных или внутренних поверхностей вращения.  | $2Z_{imin} = 2 \left( R_{zi} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + E_i^2} \right)$ |
| 4. Обтачивания цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах; бесцентровое шлифование. | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1} + p_{i-1})$                                |
| 5. Развертывание плавающей развёрткой, протягивание отверстий.   | $2Z_{imin} = 2(R_{zi} + T_{i-1})$  |
| 6. Суперфиниш, полирование и раскатка (обкатка).   | $2Z_{imin} = 2R_{zi-1}$  |

Продолжение таблицы

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Шлифование после термообработки: |   |
| А) при наличии                   | $Z_{imin} = R_{zi-1} + p_{i-1} + E_i$ $2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + p_{i-1} + E_i)$ |
| Б) при отсутствии                | $Z_{imin} = R_{zi-1} + p_{i-1}$   |

В этих формулах:

$Z_{imin}$  - минимальный припуск на данном технологическом переходе.

$R_{zi-1}$  - величина микро неровностей, получаемых на предшествующем переходе.

$T_{i-1}$  - величина (глубина) дефектного слоя, полученного на предшествующем переходе.

$P_{i-1}$  - величина пространственных отклонений, полученная на предшествующем переходе.

$E_i$  - погрешность установки на данном технологическом переходе.

После определения значений  $R_z$ ,  $T$ ,  $p$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\delta$  (предельных отклонений) и расчетных величин  $Z_{min}$  на технологические переходы, расчет межоперационных размеров производится в следующей последовательности:

| Для наружных поверхностей валов   | Для внутренних поверхностей (отверстий)  |
|---|--|
| 1   | 2  |
| 1. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наименьший предельный размер детали по чертежу  | 1. Записать для конечного перехода в графу «Расчетный размер» наибольший предельный размер детали по чертежу   |
| 2. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер прибавлением к наименьшему размеру по чертежу расчетного припуска $Z_{min}$ | 2. Для перехода, предшествующего конечному, определить расчетный размер вычитанием из наибольшего предельного размера по чертежу расчетного припуска $Z_{min}$ |

Продолжение таблицы

| 1  | 2   |
|--|---|
| 3. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода прибавлением к расчетному размеру следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_{min}$   | 3. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода вычитанием из расчетного размера следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_{min}$   |
| 4. Записать наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с какими дан припуск (предельные отклонения) на размер для каждого перехода | 4. Записать наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан припуск (предельные отклонения) на размер для каждого перехода |
| 5. Определить наибольшие предельные размеры прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру  | 5. Определить наименьшие предельные размеры путем вычитания допуска из округленного наибольшего предельного размера   |
| 6. Записать предельные значения припусков $Z_{max}$ как разность наибольших предельных размеров и $Z_{min}$ как разность наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемых переходов  | 6. Записать предельные значения припусков $Z_{max}$ как разность наибольших предельных размеров и $Z_{min}$ как разность наименьших предельных размеров выполняемого на предшествующего переходов   |

Определить общие припуски  $Z_{\max}$  и  $Z_{\min}$ , суммируя промежуточные припуски на обработку.

Провести проверку правильности произведенных расчетов по формулам:

$$Z_{i \max} - Z_{i \min} = S_{i-1} - S_i$$

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = S_{di-1} - S_{di}$$

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = S_z - S_d$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = S_{Dz} - S_{Dd}$$

| 1  | 2  |
|--|--|
| Определить общий номинальный припуск по формулам   | Определить общий номинальный припуск по формулам:  |
| $Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + H_z = H_d$          | $Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + B_z - B_d$          |
| $2 Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + H_{Dz} = H_{Dd}$ | $2 Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + B_{Dz} - B_{Dd}$ |

## 6. Порядок выполнения работы.

6.1. Проанализировать исходные данные для расчета припусков.

6.2. Выполнить расчет припусков, заполняя 12 граф расчетной таблицы, проводя подробные пояснения каждой граф (в соответствии с проводимым примером).

6.3. Провести проверку выполненного расчета.

6.4. Сформулировать вывод выполненной работы.

## 7. Вопросы для самопроверки

7.1. Дайте определение припуска на мех. обработку.

Какие виды припусков Вы знаете?

Каково влияние припуска на экономичность процесса обработки?

Факторы, влияющие на величину припуска?

Какие методы определения припусков вы знаете? Сущность этих методов.

## 8. Домашнее задание:

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 19



8.2. Подготовиться к сдаче отчета по практическому занятию № 19

8.3. Повторить теоретический материал, изученный при подготовке к практическому занятию.

## **9. Схема отчета**

Практическое занятие № 19

Тема занятия:

Материальное обеспечение:

Выполнение работы.

Пример выполнения практического занятия № 19

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Расчет припусков и установление операционных размеров и допусков на них.

Проводим расчет припусков на размер  $\varnothing 168h9\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}\right)$  расчётно - аналитическим методом.

### Исходные данные:

Деталь «Зубчатое колесо»

$M_z = 4,9 \text{ кг}$

Заготовка – штамповка

Расчетный размер:  $\varnothing 168h9\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,1 \end{smallmatrix}\right)$

Шероховатость  $R_a = 2,5 \text{ мкм}$

Способ установки в трехкулачковом патроне

Материал сталь 20 ГОСТ 1050 – 88

$d_{\text{баз}} = 144 \text{ мм}$

Длина детали  $\ell = 27 \text{ мм}$

Класс точности Т3

Допуск на заготовку  $\gamma = 2200 \text{ мкм}$

**Графа 1,2,3** заполняется по табл. 19 с. 189

Для заготовки  $R_z$  и  $T$  определяется по табл. 11 с.184

**Графа 4.** Суммарное значение пространственных погрешностей определяем по формуле для нап. поверхностей.

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \text{ мкм} \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{кор}}$  – удельная кривизна заготовки, мкм

$\rho_{\text{см}}$  – погрешность центровки, мкм

$\rho_{\text{ко}} = \Delta_k \cdot L$ , мкм

| Технологические<br>переходы<br>обработки<br>$\varnothing 168h9(-0,1)$ | Элементы припуска,<br>мкм |     |        |                 | Расчет.<br>припус.<br>2Zmin<br>мкм | Расчет.<br>размер<br>мм | Допуск<br>мкм | Предельные<br>размеры<br>мм |            | Предельные<br>припуски<br>мм |        |
|---|---------------------------|-----|--------|-----------------|------------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|------------|------------------------------|--------|
|   | Rz                        | T   | $\rho$ | $\varepsilon_y$ |                                    |                         |               | dmin                        | dmax       | 2Zimin                       | 2Zimax |
| 1   | 2                         | 3   | 4      | 5               | 6                                  | 7                       | 8             | 9                           | 10         | 11                           | 12     |
| Заготовка   | 240                       | 250 | 736    | -               | -                                  | 171,317                 | 2200          | 171,32                      | 173,517    | -                            | -      |
| Точение черновое  | 100                       | 100 | 44     | 400             | 2655                               | 168,662                 | 1000          | 168,66                      | 169,662    | 2,66                         | 3,855  |
| Точение<br>получистовое   | 50                        | 50  | 37     | -               | 488                                | 168,174                 | 530           | 168,17                      | 168,704    | 0,49                         | 0,958  |
| Точение чистовое  | 25                        | 25  | 29     | -               | 274                                | 167,9                   | 100           | 167,9                       | 168        | 0,27                         | 0,704  |
|   |                           |     |        |                 |                                    |                         |               |                             | $\Sigma =$ | 3,42                         | 5,517  |

$\Delta_k$  – погрешность коробления на 1 мм длины

$$\Delta_k = 20$$

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L$$

$$\rho_{\text{кор}} = 20 \cdot 27 = 540 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{см}} = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм}$$

$$\rho = \sqrt{500^2 + 540^2} = 736 \text{ мкм}$$

$$K_{y1} = 0,06 \text{ (черновая)}$$

$$K_{y2} = 0,05 \text{ (получистовая)}$$

$$K_{y3} = 0,04 \text{ (чистовая)}$$

$$\rho_{\text{ст1}} = 736 \cdot 0,06 = 44,16 = 44 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{ст2}} = 736 \cdot 0,05 = 36,8 = 37 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{ст3}} = 736 \cdot 0,04 = 29,44 = 29 \text{ мкм}$$

**Графа 5.** заполняется по табл. 19 стр. 66

**Графа 6.** Расчетный припуск определяется по формуле

$$2Z_{i\min} = 2 \left( R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (2)$$

$$2Z_{1\min} = 2 \left( 240 + 250 + \sqrt{736^2 + 400^2} \right) = 2(490 + 837,67) = 2655,34 \text{ мкм} \\ = 2655 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\min} = 2 \left( 100 + 100 + \sqrt{44^2 + 0^2} \right) = 488 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\min} = 2 \left( 50 + 50 + \sqrt{37^2 + 0^2} \right) = 274 \text{ мкм}$$

где  $R_{zi-1}$  – соответственно высота микронеровностей

$T_{i-1}$  - глубина дефектного поверхностного слоя

$\rho_{i-1}$  - суммарное значение пространственных отклонений на предшествующем переходе

$\varepsilon_{y-1}$  - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

**Графа 7.** Заполняется, начиная с последнего перехода в соответствии записываем размер по чертежу

$$168 + (-0,1) = 167,9$$

$$274:1000 = 0,274 + 167,9 = 168,174\text{мм}$$

$$488:1000 = 0,488 + 168,174 = 168,662\text{мм}$$

$$2655:1000 = 2,655 + 168,662 = 171,317\text{мм}$$

Все остальные расчетные размеры образуются путем сложения к полученному размеру соотв. припуска.

**Графа 8.** Допуск для заготовки берем из исходных данных ( $\gamma = 2200\text{мкм}$ ) для последнего перехода допуск выбираем с расч. размера.

$$(0 - (-0,1)) = 0,1\text{мм} = 100\text{мкм}$$

Промежуточный допуск определяют стр. 17 таблица 8

**Графа 9.** Записываем наши предельные размеры по всем переходам, округляя их до последних цифр допуска на них.

**Графа 10.** Образуется путем сложения граф 8 и 9

$$2200:1000 = 2,2 + 171,317 = 173,517\text{мм}$$

$$1000:1000 = 1 + 168,662 = 169,662\text{мм}$$

$$530:1000 = 0,53 + 168,174 = 168,704\text{мм}$$

$$100:1000 = 0,1 + 167,9 = 168\text{мм}$$

**Графа 11, 12.** Заполняется по графе 9, графа 12 по графе 10.

**Графа 11.**

$$171,32 - 168,66 = 2,66\text{мм}$$

$$168,66 - 168,17 = 0,49\text{мм}$$

$$168,17 - 167,9 = 0,27\text{мм}$$

**Графа 12.**

$$173,517 - 169,662 = 3,855\text{мм}$$

$$169,662 - 168,704 = 0,958\text{мм}$$

$$168,704 - 168 = 0,704\text{мм}$$

Определение общих припусков

$$(2Z_{\text{imin}}) = 2,66 + 0,49 + 0,27 = 3,42\text{мм}$$

$$(2Z_{\text{imax}}) = 3,855 + 0,958 + 0,704 = 5,517\text{мм}$$

проверка:

$$(\text{графа 9}) 171,32 - 167,9 = 3,42\text{мм}$$

$$(\text{графа 10}) 173,517 - 168 = 5,517$$

Вывод: Расчет выполнен верно.

## **БЛОК № 6**

**1. Тема занятия:** «Подробная разработка одной (характерной) операции разработанного тех. процесса обработки заданной детали «Зубчатое колесо» с расчетом режимов резания по переходам и технически обоснованной нормы времени на операцию».

**2. Цель занятия:** получение практических навыков в расчете режимов резания по переходам характерной операции тех. процесса и технически обоснованной нормы времени на операцию; подготовиться к курсовому проектированию.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертёж (эскиз) детали Зубчатого колеса класса «Втулка».

3.2. Сведения о серийности производства - производство серийное.

3.3. Разработанный тех. процесс мех. обработки детали «Зубчатое колесо» (отчеты по пр. зан. № 15 - 19)

3.4. Данные о характере операции.

3.5. Паспорта (тех. характеристики) станков разработанного тех. процесса.

3.6. Стандарты на режущий, контрольно - измерительный, вспомогательный.

3.7. Калькуляторы.

### **4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан к практическому занятию**

4.1. Справочник технолога машиностроителя, Т.2, Т.1, под ред. Г.А. Косиловой, Р.К. Мещеркова, М., Маш., 1972г.

4.2. Нормативы режимов резания при работе на станках с ЧПУ., Днепропетровск, 1985г.

4.3. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ., часть 1, М., Экономика, 1990г.

### **5. Общие и теоретические положения по теме практического занятия**

При одноступенчатой обработке расчет режима резания производится в следующей последовательности:

1. Выбирается режущий инструмент, и устанавливаются его геометрические параметры.

2. Определяется глубина резания в зависимости от припуска.

3. Назначается подача. Рекомендуемая подача проверяется лимитирующими факторами, т.е. заданной чистотой обрабатываемой поверхности, прочностью державки режущего инструмента, прочностью пластинки твердого сплава, жесткостью обрабатываемой заготовки, прочностью механизма подачи станка.

Проверка подачи по лимитирующим факторам производится только для черновых операций, которые осуществляются с большими усилиями резания и крутящими моментами. Выбранная подача корректируется по паспортным данным станка.

4. Назначается период стойкости режущего инструмента.

5. Определяется скорость резания.

Вводятся поправочные коэффициенты на скорость резания при измененных условиях резания.

6. Определяется число оборотов шпинделя, соответствующее найденной скорости резания.

7. Число оборотов шпинделя корректируется по паспортным данным станка.

8. Определяется действительная скорость резания.

9. Определяется мощность, затрачиваемая на резание; полученная мощность сравнивается с мощностью привода станка.

10. Определяется основное (технологическое) время. Расчет режимов резания производится для каждого перехода операции с ЧПУ, как правило.

Определив суммарное основное технологическое время на операцию в целом производится расчет нормы времени на выбранную операцию с ЧПУ. При этом определяется:

1. Машино - вспомогательное время;

2. Время цикла автоматической работы станка по программе.

3. Возможность многостаночного обслуживания.



4. Вспомогательное время, не перекрываемое временем автоматической работы станка.

5. Штучное время.

6. Подготовительно - заключительное время.

7. Штучно - калькуляционное время.

## **6. Порядок выполнения работы.**

6.1. Производится анализ исходных данных.

6.2. Произвести расчет режимов резания и норм времени согласно п.5 данной инструкции.

## **7. Вопросы для самопроверки.**

7.1. В какой последовательности производится назначение режимов резания на переход тех. операции?

7.2. От чего зависит основное технологическое время на операцию?

7.3. Какова методика нормирования операции с ЧПУ и универсальной операции?

7.4. Какие категории времени включаются в штучное время?

7.5. Что такое подготовительно - заключительное время?

## **8. Домашнее задание.**

8.1. Закончить оформление отчета по практическому занятию № 20

8.2. Подготовиться к сдаче отчета по работе.

8.3. Повторить теоретический материал по теме практического занятия.

## **9. Схема отчета.**

Практическое занятие №

Тема занятия:

Цель занятия:

Материальное обеспечение:

Выполнение работы (согласно п. 5 инструкции)

Пример выполнения работы № 20

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Рассчитываем режимы резания на фрезерование паза 16мм концевой фрезой из быстрорежущей стали Р6М5 на станке мод. 6Р13Ф3 в специальном приспособлении.

Скорость резания V:

$$V = \frac{C_V \cdot D^{g_v}}{T_m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot k_v, \text{ м/мин} \quad [4.1 \text{ с.444}]$$

Где  $C_V$  – постоянная для данных табличных условий резания

$x_v, y_v, g_v, u_v, p_v, m$  – показатели степени для табличных условий резания

$D$  – диаметр фрезы, мм

$T$  – период стойкости фрезы, мин.

$t$  – глубина резания, мм

$S_z$  – подача на зуб фрезы, мм

$B$  – ширина или высота фрезерования

$Z$  – число зубьев фрезы

$k_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \quad [4.1, \text{ с.444}]$$

$k_{mv}$  – коэффициент учитывающий качество обрабатываемого материала

$k_{nv}$  – коэффициент учитывающий, состояние поверхности заготовки

$k_{uv}$  – коэффициент, учитывающий инструментальный материал

$$D = 16 \text{ мм} \quad T = 60 \text{ мин} \quad t = 16 \text{ мм} \quad S_z = 0,03 \text{ мм/зуб}$$

$$B = 20 \quad Z = 4 \quad C_V = 46,7 \quad x_v = 0,5 \quad y_v = 0,5$$

$$u_v = 0,1 \quad p_v = 0,1 \quad g_v = 0,45 \quad m = 0,33$$

$$K_{m_v} = C_M \left( \frac{75}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad [4.1, \text{ с.424}]$$

$$K_{M_V} = 0,7 \left( \frac{75}{95} \right) = 0,55$$

$$k_{nv} = 1,0 \quad k_{uv} = 1,0 \quad k_v = 0,55 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,55 \quad [4.1, \text{ с.426}]$$

$$V = \frac{46,7 \cdot 16^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 16^{0,5} \cdot 0,03^{0,5} \cdot 20^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,55 = 21,55 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя n:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,55}{\pi \cdot 6} = 428 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка n = 400 об/мин

Действительная скорость резания V:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 400}{1000} = 20,1 \text{ м/мин}$$

Скорость подачи Vs:

$$V_s = S_z \cdot z \cdot n = 0,03 \cdot 4 \cdot 400 = 48 \text{ мм/мин}$$

Окружная сила резания

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{g_p} \cdot n^{w_p}} \cdot k_p \quad , \text{кГс} \quad [4.1, \text{ с.444}]$$

Где  $C_p$  – постоянная для данных табл. условий резания

$x_p, y_p, u_p, g_p, w_p$  – показатели степени для табл. условий резания.

$k_p$  – общий поправочный коэффициент

$$C_p = 68,2 \quad x_p = 0,86 \quad y_p = 0,72 \quad u_p = 1,0 \quad g_p = 0,86 \quad w_p = 0 \quad [4.1, \text{ с.430}]$$

$$K_p = K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_p} \quad ; \quad n_p = 0,3 \quad [4.1, \text{с.430}]$$

$$K_p = \left(\frac{95}{75}\right)^{0,3} = 1,07$$

$$P_z = \frac{68,2 \cdot 16^{0,86} \cdot 0,03^{0,75} \cdot 20^{1,0} \cdot 4}{16^{0,86}} \cdot 1,07 = 436 \text{кГс}$$

Крутящийся момент  $M_{кр}$

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = 3,488 \text{кГс} \cdot \text{м}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \text{кВт} \quad [4.1, \text{с.444}]$$

$$N_e = \frac{436 \cdot 20,1}{102 \cdot 60} = 1,43 \text{ кВт}$$

$$N_e < N_{ст} = 7,5 \text{кВт}$$

Рассчитываем механически обоснованную норму времени на операцию 025  
Фрезерную с ЧПУ

Способ установки: вручную на призму с упором в торец с креплением гаечным ключом одной гайкой.

Инструмент: Фреза концевая Ø 16 P6M5

Содержание операции по переходам

Переход 1. Установить, закрепить, снять заготовку после обработки

$$T_{ву} = 0,18 + 0,11 + 0,19 = 0,48 \text{мин} \quad [4.3, \text{с.76}]$$

Переход 2, 3. Фрезеровать 3 паза 18мм выдержав углы 8 °

$$L=22\text{мм} \quad i=3 \quad n = 400\text{об/мин} \quad S = 0,12\text{мм/об}$$

$$T_0 = \frac{22 \cdot 3}{0,12 \cdot 400} = 1,38\text{мин}$$

Машинно - вспомогательное время

$$T_{MB1} = 0,04 \cdot 4 = 0,16 \text{ мин.}$$

$$T_{MB2} = 0,04 \cdot 3 = 0,12 \text{ мин.}$$

$$T_{MB3} = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ мин.}$$

$$T_{MB} = T_{MB1} + T_{MB2} + T_{MB3} = 0,16 + 0,12 + 0,3 = 0,58\text{мин}$$

$$T_{ца} = T_0 + T_{MB}, \text{ мин}$$

$$T_{ца} = 1,38 + 0,58 = 1,96 \text{ мин}$$

$$S_M = \left( \frac{T_{ца}}{T_{By+0,5...1,0}} + 1 \right) \cdot K_{g3}, \text{ ст.}$$

$$S_M = \left( \frac{1,96}{0,48+0,5} + 1 \right) \cdot 0,85 = 2,5 \text{ ст.}$$

Принимаем  $S_M = 2$  станка

$$T_B = T_{By} + T_{Boп} + T_{Bизм} \quad [4.3, \text{ с.70}]$$

$$T_{Boп} = 1,18\text{мин}$$

$$T_{Bизм} = 0,08 \cdot 3 = 0,24$$

$$T_B = 0,48 + 1,18 + 0,24 = 1,9$$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_B \cdot K_{тв}) \cdot \left( 1 + \frac{a_{орг} + a_{тех} + a_{отл}}{100} \right), \text{ мин} \quad [4.3, \text{ с.8}]$$

$$K_{тв} = 0,13; \quad a_{орг} = 4,2\%; \quad a_{отл} = 2\% \quad [4.3, \text{ с.92}]$$

$$T_{шт} = (1,96 + 1,18 \cdot 0,13) \cdot \left(1 + \frac{3+4,2+2}{100}\right) = 4,07 \text{мин} , \text{ мин}$$

Определение подготовительно заключительного времени:

$$T_{п-з} = T_{п-з1} + T_{п-з2} + T_{п-з3}, \text{ мин}$$

$$T_{п-з1} = 4+10+2+2 = 18 \text{мин}$$

$$T_{п-з2} = 10+0,6+0,5+1,0 + 0,7+1,3+0,4 = 14,5 \text{мин}$$

$$T_{п-з3} = T_{шт} = 4,07 \text{мин}$$

$$T_{п-з} = 18+14,5+4,07 = 36,57 \text{мин}$$

Определение штучно калькуляционного времени:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_d}, \text{мин}$$

$$T_{ш-к} = 4,07 + \frac{36,57}{124} = 4,37 \text{мин}$$

## **БЛОК № 7**

**1. Тема занятия:** Заполнение комплекта тех. документации обработки заданной детали «Зубчатое колесо».

**2. Цель занятия:** Приобретение практических навыков в заполнении комплекта тех. документации.

### **3. Материальное обеспечение:**

3.1. Рабочий чертеж (эскиз) детали.

3.2. Чертеж заготовки.

3.3. Сведения о серийности производства.

3.4. Маршрутный тех. процесс обработки детали, выполненный ЕСТД.

3.5. Бланки маршрутных и операционно-технологических карт на механическую обработку детали.

3.6. Чертежные принадлежности.

**4. Указания на тот теоретический материал, который должен быть проработан при подготовке к практическому занятию № 7:**

Л1 Данилевский В. В. «Технология машиностроения», М: Высшая школа, 1984г.

Л2 Метод. указание «курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения», г. Днепропетровск, 1990г.

Л3 Стандарты ЕСТД и ЕСТПП.

**5. Общие теоретические положения по теме практического занятия №7:**

При проектировании тех. процессов для станков с ЧПУ производится переработка большого объема информации, которая представляется в виде различной технологической документации. Технологической документацией называется комплект текстовых и графических документов, определяющих в



отдельности или в совокупности тех. процесс изготовления изделия и содержащих данные, необходимые для организации производства.

Технологическая документация, используемая при решении рассматриваемых задач, делится на три группы:

- справочную;
- исходную;
- сопроводительную

Сопроводительная литература содержит картотеки сведений о станках с ЧПУ, режущем, вспомогательном, и измерительном инструменте, установочно-зажимных приспособлениях, характеристики свойств обрабатываемых материалов, нормативные данные по расчету припусков и посадок, режимов резания и нормирования, методические указания по расчету, кодированию, записи и редактированию УН.

Исходная информация описывает конструктивно-технологические особенности конкретной детали и ее обработки, и включает задания на программирования, маршрутную маршрутно - операционную карту, чертежи детали и заготовки.

Сопроводительная документация разрабатывается в процессе проектирования УП и содержит операционную карту и операционный чертеж детали, карты наладки станка и инструмента, операционно-технологическую карту с эскизом траектории инструментов, полученный на этапе контроля УП. Правила оформления документов на тех. процессы и операции, выполняемые на станках с ЧПУ, и виды этих документов регламентированы ГОСТ 3.1418-82.

В соответствии с этими стандартами при разработке и внедрении тех. процессов, операций и УП на обработку деталей на металлорежущих станках используют следующие основные виды документов:

- маршрутная карта;
- карта тех. процесса;
- операционная карта;
- карта наладки и инструмента;

- карта эскизов;
- карта кодирования информации и вспомогательных инструментов;
- карта заказа на разработку управляющей программы;
- ведомость обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ.

Комплектность тех. документации может меняться в зависимости от принятого на предприятии документоотбора и метода программирования – ручного или с использованием ЭВМ.

## **6. Вопросы для самопроверки**

- 6.1. Какие классы деталей по тех. классификации вы знаете?
- 6.2. В чем заключается анализ технологичности конструкции детали?
- 6.3. Назовите и охарактеризуйте типы машиностроительных производств.
- 6.4. Дайте определение производственному процессу.
- 6.5. Дайте понятие базированию заготовки.
- 6.6. Какие вы знаете тех. документы и для него они предназначены?
- 6.7. Назовите основные требования к заполнению маршрутных и операционных карт и карт эскизов.

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ПКТУ

ДБ59.220.04.01

Шестерня

Комплект технологической документации  
обработки детали - Шестерня

Разработал: Иванов И.И.

Проверил: Тарусова И.А.

Акт №

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

|           |          |  |  |  |      |                |  |  |  |
|-----------|----------|--|--|--|------|----------------|--|--|--|
| Разраб.   | Иванов   |  |  |  |      |                |  |  |  |
| Пров.     | Тарусова |  |  |  | ПКТУ | ДББ9.220.04.01 |  |  |  |
| Нормир.   |          |  |  |  |      |                |  |  |  |
| Н. контр. |          |  |  |  |      | Шестерня       |  |  |  |

|      |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
|------|---|-----------|-----|-------|----------------------------|-------|--------------------------|-----------------------|-----|-----|----|------|----|-----|-----|-------|------|
| М01  | Сталь 20 ГОСТ 1050-88                       |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
|      | Код   | ЕВ        | МД  | ЕН    | Н. расх.                   | КИМ   | Код загот.               | Профиль и размеры     | КД  | МЗ  |    |      |    |     |     |       |      |
|      | —   | 166<br>кг | 3,7 | 1     | 4,9                        | 0,755 | 41211Х.ХХХХ<br>Штамповка | Ф 168 x 27            | 1   | 4,9 |    |      |    |     |     |       |      |
| М 02 | Цех   | Уч.       | РМ  | Опер. | Код, наименование операции |       |                          | Обозначение документа |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| А    | Код, наименование оборудования              |           |     |       |                            |       | ОМ                       | Проф.                 | Р   | УТ  | КР | КОИД | ЕН | ОП  | Кит | Тп.з. | Тшт  |
| Б    | ХХ ХХ ХХ 005 ХХХХ Токарная с ЧПУ ИОТ ХХХ    |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| А 03 | 381148.ХХХХ 16К20Ф3                         |           |     |       |                            |       | 2                        | 15292                 | 211 | 1р  | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0 | —     | —    |
| Б 04 |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 05   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 06   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 07   | ХХ ХХ ХХ 010 ХХХХ Токарная с ЧПУ ИОТ ХХХ    |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 08   | 381148.ХХХХ 16К20Ф3                         |           |     |       |                            |       | 2                        | 15292                 | 211 | 1р  | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0 | —     | —    |
| 09   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 10   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 11   | ХХ ХХ ХХ 015 4131 Сверлильная с ЧПУ ИОТ ХХХ |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 12   | 381022.ХХХХ 2Р135Ф2                         |           |     |       |                            |       | 2                        | 15292                 | 211 | 1р  | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0 | —     | —    |
| 13   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 14   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 15   | ХХ ХХ ХХ 020 ХХХХ Резерная с ЧПУ ИОТ ХХХ    |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |
| 16   | 381024.ХХХХ 6Р13Ф3                          |           |     |       |                            |       | 2                        | 15292                 | 211 | 1р  | 1  | 1    | 1  | 100 | 1,0 | 36,57 | 4,07 |
| МК   |   |           |     |       |                            |       |                          |                       |     |     |    |      |    |     |     |       |      |

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

ДБ59.220.04.01

| А<br>Б<br>К М | Цех / Уч. / РМ / Опер.                         |      |    |     | Код, наименование операции | Обозначение документа |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
|---------------|--|------|----|-----|----------------------------|-----------------------|-------|----|----|----|---------|----|-----|------|----------|------|--|
|               | Код, наименование оборудования                 |      |    |     |                            | СМ                    | Проф. | Р  | УТ | КР | КОИД    | ЕН | ОП  | Кшт. | Тпз      | Тшт. |  |
|               | Наименование детали, сб. единицы или материала |      |    |     |                            | Обозначение, код      |       |    |    |    | ОПП     | ЕВ | ЕН  | КИ   | Н. расх. |      |  |
| А 01          | XX   | XX   | XX | 025 | 4153                       | Зубофрезерная         |       |    |    |    | ИОТ ХХХ |    |     |      |          |      |  |
| Б 02          | 381572.  | XXXX |    |     | 5K310                      | 2                     |       | 4H | 1p | 1  | 1       | 1  | 100 | 10   | -        | -    |  |
| 03            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 04            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 05            | XX   | XX   | XX | 030 | 4151                       | Зубошлифовальная      |       |    |    |    | ИОТ ХХХ |    |     |      |          |      |  |
| 06            | 381561.  | XXXX |    |     | 5A841                      | 2                     |       | 4H | 1p | 1  | 1       | 1  | 100 | 10   | -        | -    |  |
| 07            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 08            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 09            | XX   | XX   | XX | 035 | 0190                       | Слесарная             |       |    |    |    | ИОТ ХХХ |    |     |      |          |      |  |
| 10            | XXXXXX.  | XXXX |    |     |                            | 2                     | 17474 | 3H | 1p | 1  | 1       | 1  | 100 | 10   | -        | -    |  |
| 11            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 12            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 13            | XX   | XX   | XX | 040 | 0220                       | Контрольная           |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 14            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 15            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 16            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |
| 17            |  |      |    |     |                            |                       |       |    |    |    |         |    |     |      |          |      |  |







