

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования  
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Технология машиностроения»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**курсового проекта по технологии машиностроения**

Студент \_\_\_\_\_ / Золотов А. И. /  
Подпись /Ф.И.О./

Факультет Машиностроительный

Группа ТМбд-41

Руководитель \_\_\_\_\_ / Евстигнеев А. Д. /  
Подпись /Ф.И.О./

Ульяновск, 2018 г.



## **АННОТАЦИЯ**

**курсового проекта по технологии машиностроения  
студента машиностроительного факультета Золотова А. И.**

Пояснительная записка на \_\_\_\_ с., в том числе \_\_\_\_ ил.; 3 листа чертежей  
Ульяновский государственный технический университет, 2018 г.

В курсовом проекте представлен анализ технических условий на поворотный кулак 3163-2304007СБ, разработаны технологический процесс сборки поворотного кулака, схема сборки и технологическая документация.

Разработан единичный маршрутно-операционный технологический процесс изготовления цапфы поворотного кулака, выполнен анализ точности механической обработки заготовки цапфы, разработан чертеж общего вида приспособления обработки цапфы на 05 операции.

На двух листах графической части проекта представлены технологические эскизы обработки заготовок цапфы и размерный анализ технологического процесса изготовления цапфы.

Дано технико-экономическое обоснование спроектированного технологического процесса изготовления цапфы.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                 | 5  |
| 1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....                                  | 6  |
| 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....                                                                        | 7  |
| 2.1. Служебное назначения и техническая характеристика изделия .....                           | 7  |
| 2.2. Производственная программа выпуска изделия тип производства и формы его организации ..... | 7  |
| 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ.....                                                 | 9  |
| 3.1. Анализ и разработка технических требований к изделию .....                                | 9  |
| 3.2. Отработка изделия на технологичность.....                                                 | 13 |
| 3.3. Схема сборки изделия .....                                                                | 13 |
| 3.4. Маршрутный технологический процесс сборки изделия .....                                   | 13 |
| 3.5. Разработка текстовых технологических документов .....                                     | 16 |
| 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ .....                                           | 17 |
| 4.1. Анализ и разработка технических требований к детали .....                                 | 17 |
| 4.2. Отработка детали на технологичность.....                                                  | 18 |
| 4.3. Заготовка и метод ее получения .....                                                      | 19 |
| 4.4. Методы обработки поверхностей заготовки.....                                              | 20 |
| 4.5. Маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали.....                   | 21 |
| 4.6. Расчет межпереходных припусков механической обработки заготовки .....                     | 25 |
| 4.7. Расчет режимов резания.....                                                               | 26 |
| 4.8. Технологическая документация .....                                                        | 28 |
| 5. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ.....                       | 29 |
| 5.1. Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки .....      | 29 |
| 5.2. Выбор системы приспособления для программной обработки.....                               | 30 |
| 5.3. Расчет зажимных устройств приспособления .....                                            | 30 |
| 5.4. Расчет приспособления на точность .....                                                   | 33 |
| 5.5. Описание работы приспособления.....                                                       | 34 |
| 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО ТП ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА.....                   | 36 |
| 6.1. Расчет капитальных затрат .....                                                           | 36 |
| 6.2. Расчет себестоимости и цены изделия .....                                                 | 39 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                               | 44 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                                                                | 45 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                         | 53 |

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях высоких темпов научно-технического прогресса развития производства его эффективность зависит не только от умения коллектива предприятия мобилизовать свои резервы, но и от того, как на предприятии внедряют достижения науки и техники, прогрессивные формы организации и управления, передовые методы труда. Применение вычислительных машин также позволяет значительно ускорить и упростить проектирование и тем самым уменьшить сроки выхода на рынок со своей продукцией, сделать предприятие более мобильным и тем самым более конкурентным по сравнению с другими.

Важнейшими направлениями развития технологии машиностроения являются:

- освоение высокопроизводительных методов обработки;
- повышение качества и снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Для решения этих задач необходимо использовать все имеющиеся ресурсы производства. Таковыми в настоящее время являются:

1. Комплексная механизация и автоматизация производства путем внедрения в него автоматических линий, создание гибких производственных станочных модулей с ЧПУ, роботизированных комплексов;
2. Использование высокопроизводительного оборудования и инструмента;
3. Максимальное сокращение вспомогательного времени при механической обработке деталей за счёт внедрения высокопроизводительной оснастки;
4. Оптимизация режимов и процессов механической обработки;
5. Применение малоотходной и безотходной технологии процессов механической обработки.

Поэтому, основной задачей при курсовом проектировании считаю использование такого технологического оборудования и оснастки, которое отвечает всем выше перечисленным требованиям.

## 1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

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

В данном курсовом проекте базовой информацией являются:

- сборочный чертеж поворотного кулака 3163-2304007СБ и спецификация к нему;
- рабочий чертеж цапфы поворотного кулака 006900-2304081-00;
- годовая программа выпуска изделия по неизменным чертежам 4500 шт;
- продолжительность выпуска детали по неизменяемым чертежам 5 лет.

Руководящая информация включает данные, содержащиеся в стандартах всех уровней, устанавливающих требования к технологическим процессам, в стандартах на оборудование и оснастку, в документации на действующие единичные, типовые и групповые технологические процессы, материалов по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.), документации по охране труда.

- ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;
- ГОСТ 3.1107 – 81. ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графическое обозначения.
- ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операций обработки резанием;
- ГОСТ 3.1702-79. ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием;
- ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
- ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий;
- ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий;
- ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий;

Перечень справочной информации, используемой при выполнении данного курсового проекта представлен в списке литературы.

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 2.1. Служебное назначения и техническая характеристика изделия

Кулак поворотный предназначен для изменения направления движения путем усиления давления на рулевые рычаги, из-за чего и происходит изменение угла колес.

Этот узел ТС является одним из наиболее значимых. Кулак поворотный является основанием для ступицы и за счет шаровых опор крепится к другим деталям. Изготавливается деталь обычно из стали, благодаря чему она может выдерживать колоссальные нагрузки.

При всем этом, деталь должна быть максимально облегченной, для улучшения амортизации и управляемости.

### 2.2. Производственная программа выпуска изделия тип производства и формы его организации

Тип производства определяется ориентировочно исходя из программы производства изделия и его массы. Из задания на курсовой проект программа выпуска изделия 4500 шт. в год.

Зная программу выпуска и массу изделия (до 200 кг.) по табл. 2.1. [1, стр. 27] устанавливаем мелкосерийное производство, двухсменный режим работы при пятидневной 40 часовой рабочей недели.

Принимаем не поточную форму организации производства сборки. Не поточное производство сборки характеризуется тем, что сборка изделий осуществляется на различных рабочих местах, несвязанных между собой транспортными системами. На одном рабочем месте могут выполняться разнообразные операции с различными деталями. В таком производстве работают, как правило, высококвалифицированные рабочие.

Такт выпуска детали определяем по формуле:

$$T_T = \frac{\Phi_{\text{д.о.}} \cdot 60 \cdot K_3}{\Pi},$$

где  $\Phi_{\text{д.о.}} = 4055$  ч – действительный годовой фонд времени работы оборудования табл. 2.3. [1, стр. 31];

$K_3$  – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования, учитывающий простои по организационно техническим причинам и регламентированные перерывы на отдых, принимаем для мелкосерийного производства равным 0,9;

$\Pi = 4500$  шт – годовая программа выпуска изделий (деталей).

Тогда:

$$T_T = \frac{4055 \cdot 60 \cdot 0,9}{4500} = 48,66 \text{ мин/шт},$$

Определяем месячную, суточную программы выпуска деталей и размер партии запуска деталей:

$$\Pi_{\text{мес}} = \frac{\Pi}{12} = \frac{4500}{12} = 375 \text{ шт.}$$

$$\Pi_{\text{сут}} = \frac{\Pi_{\text{мес}}}{24} = \frac{375}{24} \approx 16 \text{ шт.}$$

Размер партии запуска деталей определяется по формуле:

$$\Pi_3 = \Pi_{\text{сут}} \cdot a = 16 \cdot 12 = 192 \text{ шт},$$

где  $a = 12$  – периодичность запуска в днях,  $a = 3, 6, 12, 24$  и т.д.

### 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

#### 3.1. Анализ и разработка технических требований к изделию

Исходя из служебного назначения поворотного кулака, проводим анализ технических требований.

Техническое требование №1.

Необходимо обеспечить межосевое расстояние отверстий  $\phi 10$  втулок шаровой опоры.

Для выполнения служебного назначения поворотного кулака необходимо, что бы минимальная величина замыкающего звена  $A_{\Delta}$  (отклонение от соосности) была равна 0, а максимальная – 0.2 мм.

Проведем расчет размерной цепи по методике, изложенной в пособии [2].

Устанавливаем, исходя из поставленной задачи, номинальную величину  $A_{\Delta}$ , величину допуска  $T_{A_{\Delta}}$  и координату середины поля допуска  $\Delta_{0_{A_{\Delta}}}$  замыкающего звена.

Предельные отклонения замыкающего звена:

Верхнее  $\Delta_{в_{A_{\Delta}}} = 0,2$  мм. ; нижнее  $\Delta_{н_{A_{\Delta}}} = 0$ .

Тогда:  $T_{A_{\Delta}} = \Delta_{в_{A_{\Delta}}} - \Delta_{н_{A_{\Delta}}} = 0,2$  мм. ;  $\Delta_{0_{A_{\Delta}}} = +0,1$  мм.

Следовательно  $A_{\Delta} = 0^{+0,2}$  мм.

Строим размерную цепь – выявляем размеры, влияющие на величину  $A_{\Delta}$  (рис. 1).

Номинальные размеры всех составляющих равны нулю, так как они являются отклонением от соосности между соответствующими поверхностями.

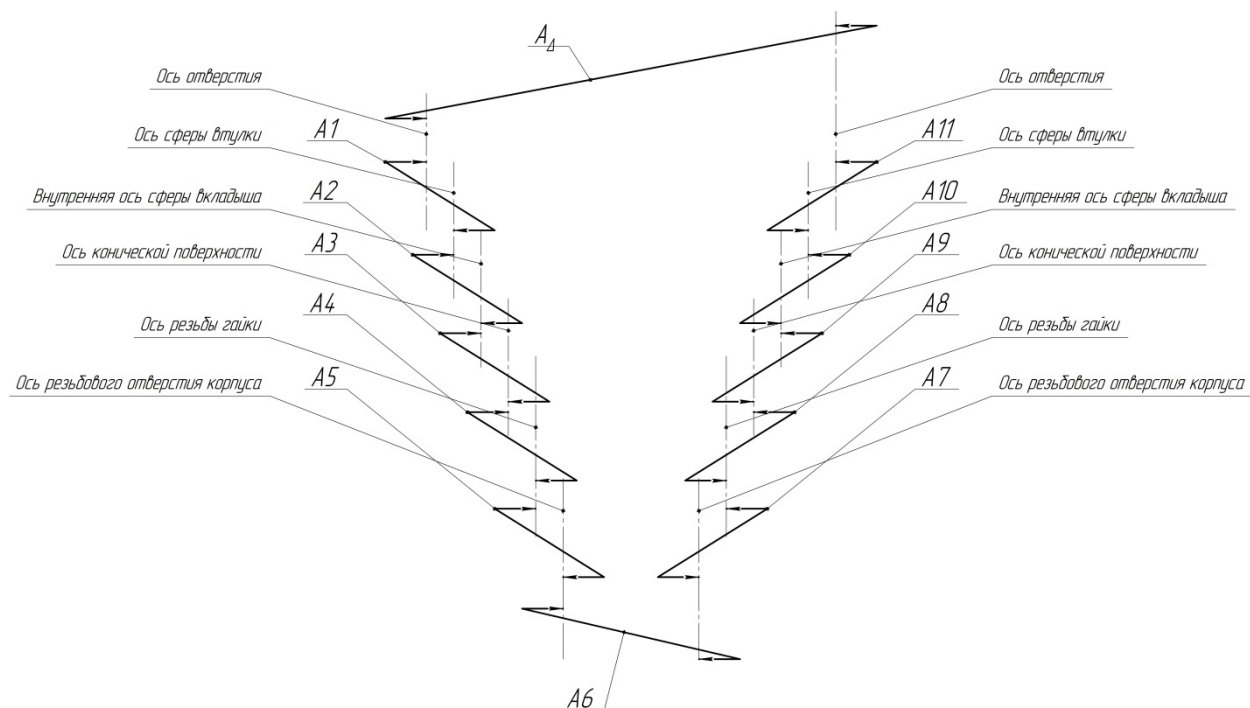


Рис. 1. Размерная цепь.

$A_{\Delta}$  - Межосевое расстояние между отверстиями во втулках шаровой опоры

$A_1$ - Межосевое расстояние между осью вкладыша и осью сферы втулки

$A_2$ - Межосевое расстояние между осью сферы втулки и внутренней осью сферы вкладыша

$A_3$ - Межосевое расстояние между внутренней осью сферы вкладыша и осью конической поверхности

$A_4$  – Межосевое расстояние между осью конической поверхности и осью резьбы гайки

$A_5$ - Межосевое расстояние между осью резьбы гайки и осью резьбового отверстия

$A_6$ - Межосевое расстояние между осями резьбовых отверстий

$A_7$ - Межосевое расстояние между осью резьбового отверстия и осью резьбы гайки

$A_8$  - Межосевое расстояние между осью резьбы гайки и осью конической поверхности

$A_9$  - Межосевое расстояние между осью конической поверхности внутренней и осью сферы вкладыша

$A_{10}$ - Межосевое расстояние между внутренней осью сферы вкладыша и осью сферы втулки

$A_{11}$ - Межосевое расстояние между осью сферы втулки и осью вкладыша

Составляем расчетную таблицу (табл. 1)

1. Расчет размерной цепи А методом неполной взаимозаменяемости

| Обозначение звена                                                           | Номинальный размер звеньев, мм | Допуски $T_{Ai}$ , мм | Координаты середин полей допусков $\Delta_{0Ai}$ , мм | Передающее отношение, $\xi_{Ai}$ | Предельные отклонения размеров звеньев, мм |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|
|                                                                             |                                |                       |                                                       |                                  | Нижнее $\Delta_{нAi}$                      | Верхнее $\Delta_{вAi}$ |
| $A_{\Delta}$                                                                | 0                              | 0,2                   | 0,1                                                   | -                                | -0,2                                       | 0                      |
| $A_1$                                                                       | 0                              | 0,01                  | 0                                                     | +1                               | -0,005                                     | +0,005                 |
| $A_2$                                                                       | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_3$                                                                       | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_4$                                                                       | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_5$                                                                       | 0                              | 0,018                 | 0                                                     | +1                               | -0,009                                     | +0,009                 |
| $A_6$                                                                       | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_7$                                                                       | 0                              | 0,018                 | 0                                                     | +1                               | -0,009                                     | +0,09                  |
| $A_8$                                                                       | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_9$                                                                       | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_{10}$                                                                    | 0                              | 0,02                  | 0                                                     | +1                               | -0,01                                      | +0,01                  |
| $A_{11}$                                                                    | 0                              | 0,01                  | 0                                                     | +1                               | -0,005                                     | +0,005                 |
| Для всех звеньев коэффициент относительного рассеивания $\lambda^2 = 1/9$ . |                                |                       |                                                       |                                  |                                            |                        |

Для решения данной размерной цепи выбираем метод достижения требуемой точности исходного звена.

Конструкторские и сборочные размерные цепи, имеющие четыре, пять и более составляющих звеньев рассчитываются вероятностным методом по принципу неполной взаимозаменяемости. При этом методе требуемая точность обеспечивается у заранее обусловленной части объектов посредством включения в размерную цепь составляющих звеньев без их выбора пригонки или изменений их значений регулированием.

Устанавливаем допустимый процент  $P$  риска и коэффициент риска  $t_{\Delta}$ .

Для условий мелкосерийного производства, когда заготовки деталей обрабатывают на настроенных станках по методу автоматического получения размеров, принимаем  $P=0,27\%$ . Тогда коэффициент риска  $t_{\Delta} = 3$ .

Предполагая, что заготовки деталей поворотного кулака обрабатывают на настроенных станках при нормальном ходе технологического процесса, принимаем, что рассеивание размеров всех составляющих звеньев размерной цепи  $A$  подчиняется закону Гаусса и коэффициенты  $\lambda^2 = \frac{1}{9}$ .

Рассчитываем среднее число единиц допуска,  $a'_c$ .

$$a'_c = \frac{T_{A_{\Delta}} \cdot K_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} (0,45 \sqrt{A_{ni}} + 0,001 A_{ni})^2 \cdot K_i^2}}$$

где  $K_{\Delta}$  и  $K_i$  – коэффициенты относительного рассеивания, соответственно замыкающего и составляющих звеньев ( $\lambda_i^2 = K_i^2/t_i^2$ ).

$i = 0,45\sqrt[3]{A_{i_i}} + 0,001A_{i_i}$  – единицы допуска для каждого составляющего звена, определяем по табл. 3.3[1] (прил. 2).

Тогда:

$$a'_c = \frac{0,2 \cdot 10^3}{\sqrt{11 \cdot 0,55^2}} = 10,91.$$

Корректируем допуски на составляющие звенья

$$T'_{A_1} = T'_{A_{11}} = 0,025;$$

$$T'_{A_2} = T'_{A_3} = T'_{A_4} = T'_{A_8} = T'_{A_9} = T'_{A_{10}} = 0,05;$$

$$T'_{A_5} = T'_{A_7} = 0,018.$$

Допуск на звено  $A_6$  вычисляем из основного уравнения

$$T_{A_{\Delta}} = t_{\Delta} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \varepsilon_{A_i}^2 \cdot \lambda_{A_i}^2 \cdot (T'_{A_i})^2} :$$

$$T'_{A_6} = 0,152 \text{ мм.}$$

Этот допуск на звено  $A_6 = 0$  мм. приближается к допуску 12 –ой степени точности (0,12 мм.).

Назначаем координаты средин полей допусков всех составляющих звеньев.

$$\overrightarrow{\Delta'_{A_1}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_2}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_3}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_4}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_5}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_7}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_8}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_9}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_{10}}} = \overrightarrow{\Delta'_{A_{11}}} = 0 \text{ мм.}$$

$$\overrightarrow{\Delta'_{A_6}} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$\overrightarrow{\Delta'_{A_{\Delta}}} = +0,1 \text{ мм.}$$

Выполняем проверку правильности расчетов допусков и координат средин полей допусков составляющих звеньев:

$$\Delta_{B_{A_{\Delta}}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{A_i} \cdot \Delta_{0_{A_i}} + t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_{A_i}^2 \cdot \xi_{A_i}^2 \cdot \left(\frac{T_{A_i}}{2}\right)^2} = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{H_{A_{\Delta}}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_{A_i} \cdot \Delta_{0_{A_i}} - t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_{A_i}^2 \cdot \xi_{A_i}^2 \cdot \left(\frac{T_{A_i}}{2}\right)^2} = 0,1 - 0,1 = 0 \text{ мм.}$$

Так как расчетные значения отклонений исходного звена совпадают с заданными, то расчет допусков и координат средин полей допусков выполнен правильно.

Кроме этого требования к поворотному кулаку предъявляют ещё несколько требований:

1. Гайки на шкворнях должны затягиваться одинаковым моментом. Данное требование исключает возможность увода оси шаровой опоры. Контроль осуществляется при помощи динамометрического ключа.
2. Поворотный кулак должен обеспечивать плавность поворота, исключая рывки. Контроль производится оператором после сборки путём поворота шаровой опоры.

### **3.2. Отработка изделия на технологичность**

Отработка конструкции изделия на технологичность сборки преследует цель сокращения затрат времени и средств на технологическую подготовку производства и процесса изготовления.

Анализируя чертеж поворотного кулака (см. сборочный чертеж 3163-2304007СБ), делаю вывод, что конструкция, с точки зрения сборки, достаточно технологично:

1. Шаровая опора в сборе со ШРУСом достаточно легко устанавливается в корпуса поворотного кулака;
2. Предусмотрена регулировка положения оси шаровой опоры.

### **3.3. Схема сборки изделия**

Закончив изучение и анализ технических требований на поворотный кулак, мысленно расчленим его на сборочные единицы 1-го порядка и отдельные детали.

Составленная схема сборки является основой для проектирования маршрутного технологического процесса сборки червячного редуктора (прил. 1).

### **3.4. Маршрутный технологический процесс сборки изделия**

Нормирование технологического процесса сборки по нормативам [3] приведено в таблице 2. Схема общей сборки представлена в приложении А.

## 2. Нормирование технологического процесса сборки изделия

| № рабочей позиции<br>и содержание работы                                                                                                                                                                                                                       | Факторы                                                                                                                                                                                  | № карты<br>и позиции                                                   | Оперативное<br>время $T_{оп}$ ,<br>мин                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                                                                                                                                                                                        | 3                                                                      | 4                                                                            |
| <b>1. Сборка цапфы</b><br>1.1. Запрессовать втулку 29 на цапфу 4<br><br>1.2. Запрессовать втулку 28 в цапфу 4<br><br>1.3 Установить упорное кольцо                                                                                                             | Длина<br>запрессовки- 12<br>мм.<br>Вес- 1.8 кг.<br><br>Длина<br>запрессовки- 23<br>мм.<br><br>$\varnothing$ отверстия 50                                                                 | К.76,л.1<br>п.2<br><br>К.76,л.1<br>п.2<br><br>К.57, л.1<br>п.1         | 0,13<br><br>0,13<br><br>0,25                                                 |
| <b>2. Сборка шаровой опоры</b><br>2.1. Установить манжету 31 в шаровую опору 1<br><br>2.2 Запрессовать вкладыш 32 в шаровую опору 1<br><br>2.3 Установить упорное кольцо<br><br>2.4 Установить ШРУС                                                            | $\varnothing$ Манжеты – 60<br>мм;<br><br>$\varnothing$ Вкладыша –<br>50 мм.<br><br>$\varnothing$ отверстия 50<br>мм.<br><br>$\varnothing$ отверстия 50<br>Длина продвиже-<br>ния 150 мм. | К.71, п.2<br><br>К. 68<br><br>К.57, л.1<br>п.1<br><br>К.57, л.1<br>п.3 | 0,26<br><br>0,2<br><br>0,25<br><br>0,44                                      |
| <b>3. Сборка шкворня</b><br><br>3.1 Установить втулку на шкворень                                                                                                                                                                                              | $\varnothing$ шкворня 40<br>Длина продвиже-<br>ния 35мм.                                                                                                                                 | К. 57 п.1                                                              | $0,18 \times 2 = 0,36$                                                       |
| <b>4. Общая сборка</b><br>4.1. Установить на корпус прокладку с совмещением отверстий<br><br>4.2. Установить на корпус цапфу и щиток тормозного диска с совмещением отверстий<br><br>4.3. Установить шайбы на 6 болтов<br><br>4.4 Установить болты в отверстия | $\varnothing$ прокладки 140<br><br>$\varnothing$ цапфы 140<br><br>$\varnothing$ болта 16<br><br>$\varnothing$ болта 16                                                                   | К.127 п.2<br><br>К. 127 п.2<br><br>К. 133 п.1<br><br>К. 132 п.5        | 0,14<br><br>0,19<br><br>$0,08 \times 6 = 0,48$<br><br>$0,07 \times 6 = 0,42$ |

Окончание табл. 2

| 1                                                   | 2                        | 3          | 4           |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 4.5 Закрутить 6 болтов                              | Ø болта 16               | К. 137 п.9 | 0,8x6=4,8   |
| 4.6. Установить подсобранную шаровую опору в корпус | Вес шаровой 4.8 кг.      | К. 57 п.3  | 0,5         |
| 4.7. Установить шкворень в корпус вкрутив втулку    | Ø резьбы втулки 50       | К.137 п.22 | 1,0x2=2,0   |
| 4.8. Установить крышку на корпус и шкворень         | Наибольший размер 75 мм. | К. 127 п.1 | 0,11x2=0,22 |
| 4.9. Завернуть гайку на шкворень                    | Ø резьбы 16              | К. 137 п.3 | 0.5x2=1,0   |
| Итого                                               |                          |            | 11,78       |

Определяем трудоемкость сборки:

$$T_{\text{СБ}} = \sum T_{\text{оп}} \cdot \left(1 + \frac{A_{\text{обс}} + A_{\text{отд}}}{100}\right) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где  $\sum T_{\text{оп}}$  – сумма оперативного времени необходимого для сборки изделия, представленная в таблице 4;

$A_{\text{обс}} = 1$  – время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени;

$A_{\text{отд}} = 0,8$  – время на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени;

$K_1 = 1,05$  – поправочный коэффициент на число приёмов, выполняемых одним рабочим;

$K_2 = 1$  – поправочный коэффициент на условия выполнения работы.

Таким образом, трудоемкость сборки по операциям:

$$T_{\text{СБ}} = 11,78 \cdot \left(1 + \frac{1 + 0,8}{100}\right) \cdot 1,05 \cdot 1 = 13 \text{ мин.}$$

Определяем число основных рабочих:

$$R_{\text{СБ}} = \frac{T_{\text{СБ}} \cdot \Pi}{60 \cdot \Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{вн}}},$$

где  $\Phi_{\text{др}} = 4015$  – действительный годовой фонд времени рабочих, ч;

$K_{\text{вн}} = 1,05$  – коэффициент перевыполнения норм выработки.

Тогда:

$$R_{\text{СБ}} = \frac{13 \cdot 4500}{60 \cdot 4015 \cdot 1,05} = 0,23 \text{ чел.}$$

Принимаем число основных рабочих равным 1 сборщику.

Число вспомогательных рабочих берут равным 20 ... 40% от основных, т.е.  $R_{\text{ВС}} = (0,2 \dots 0,4) \cdot R_{\text{СБ}} = 0,2 \cdot 1 = 0,2$ .

Таким образом назначаем одного вспомогательного рабочего, в функции которого входит комплектация деталей.

На завершающем этапе проектирования технологических операций сборки разрабатываем технологическую планировку сборочного участка.

При составлении планировки должно быть обеспечено выполнение требований охраны труда на сборочном участке, удобство выполнения работ при рациональных затратах времени сборщиков на их перемещение, транспортирование и передачу объектов сборки на другие операции.

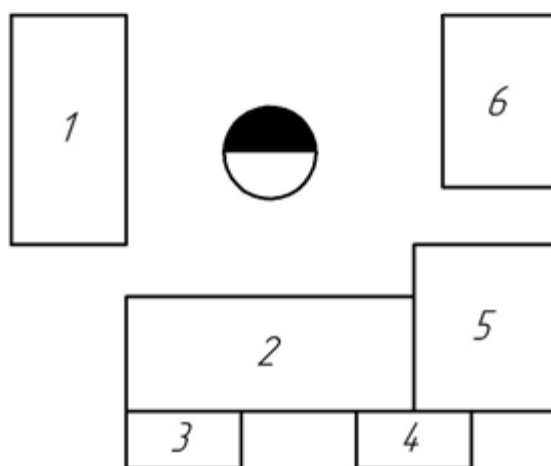


Рис. 3. Компоновка участка сборки:

1 – место складирования готовой продукции; 2 – сборочно-монтажный стол;  
3 – стеллаж с крепежом; 4 – стеллаж с мелкими деталями; 5 – место складирования крупных деталей и узлов; 6 - пресс

### 3.5. Разработка текстовых технологических документов

Требования к заполнению и оформлению технологических документов на технологические процессы, специализированные по методам сборки, устанавливаются по ГОСТ 3.1407–86.

После разработки технологического процесса сборки приспособления заполняем технологические документы, в частности маршрутную карту слесарно-сборочных работ (прил. Б)

## 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

### 4.1. Анализ и разработка технических требований к детали

Цапфа поворотного кулака (см. чертеж 006900-2304081-00) обеспечивает точность соединения и взаимного расположения деталей и узлов, которая должна сохраняться как в статике, так и в процессе работы. В соответствии с этим цапфа должна иметь требуемую точность положения и размеров поверхностей.

Исходя из служебного назначения цапфы, разрабатываем следующие технические требования.

Техническое требование № 1.

Радиальное биение хвостовика  $\varnothing 45$  относительно оси отверстия А не должно превышать 0,03 мм.

Не выполнение данного ТТ приведет к повышенным вибрациям во время эксплуатации. Результатом явится уменьшение срока службы.

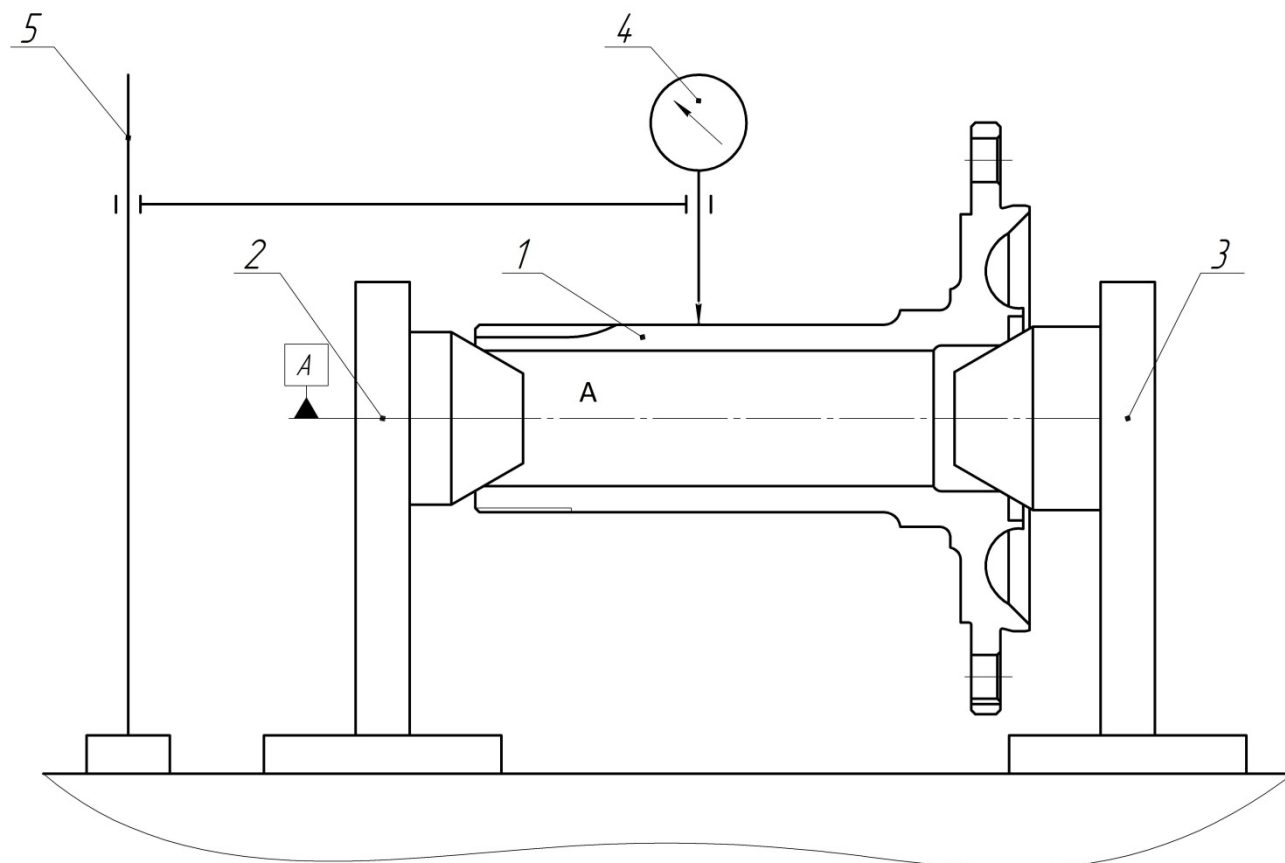


Рис.2 Схема контроля технического требования №1

Цапфу 1 устанавливаем в центра 2, 3, на поверхность хвостовика устанавливаем индикатор 4, который закреплен на стойке 5, с его помощью определяем величину отклонения.

### Техническое требование №2

Торцовое биение торца фланца  $\varnothing 142$  относительно оси отверстия А не должно превышать 0,1 мм.

Не выполнение данного ТТ приведет к перекосу оси цапфы.

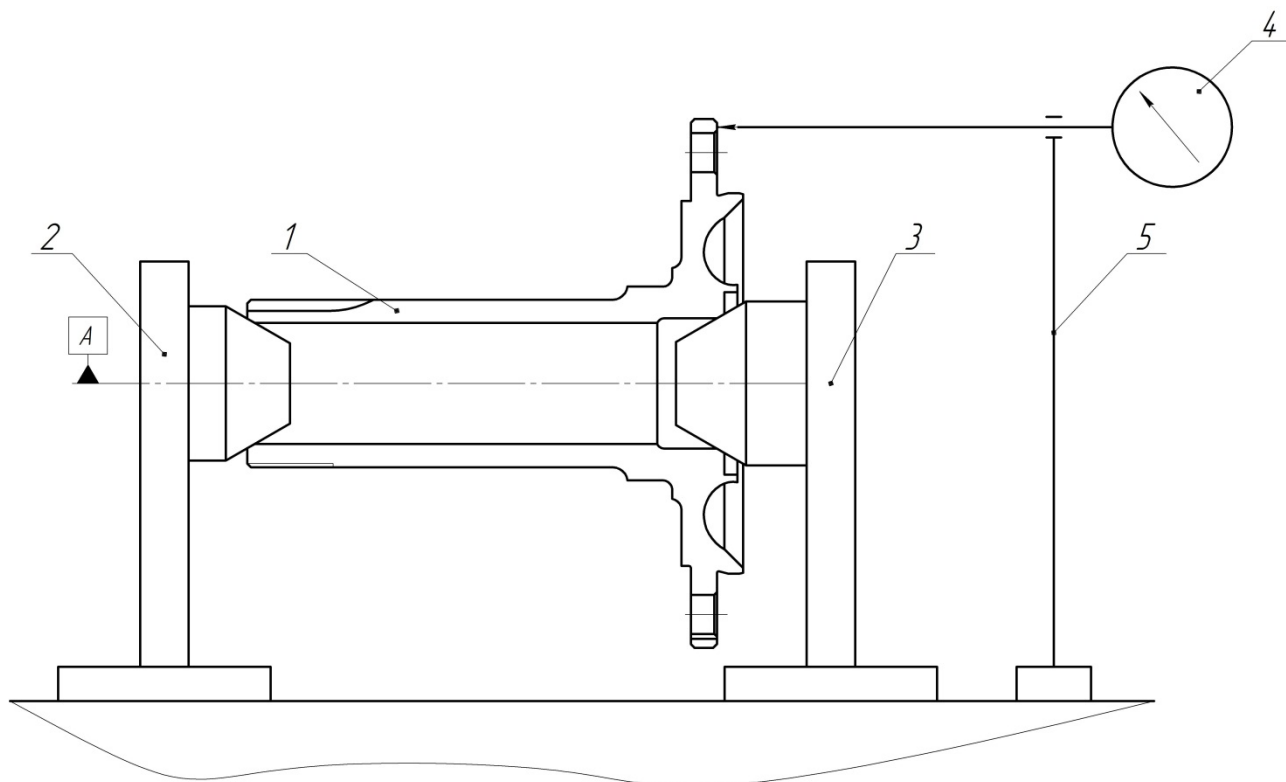


Рис. 3. Схема контроля технического требования №2

Цапфу 1 устанавливаем в центра 2, 3, на торец фланца  $\varnothing 142$  устанавливаем индикатор 4, который закреплен на стойке 5, с его помощью определяем величину отклонения.

### 4.2. Отработка детали на технологичность

Отработка конструкции детали на технологичность в курсовом проекте преследует цель сокращения затрат времени и средств на технологический процесс изготовления деталей. Порядок и правила отработки конструкции на технологичность деталей указаны в ГОСТ 14.201-83 (Обеспечение технологичности конструкций изделий. Общие требования).

Детали подобной конструкции выпускаются на протяжении достаточно длительного периода. Конструктивные параметры цапфы являются типизированными, и остается отметить, что рассматриваемый цапфа в отработке на технологичность не нуждается, то есть она вполне технологична.

### 4.3. Заготовка и метод ее получения

Правильный выбор заготовки оказывает непосредственное влияние на возможность рационального построения технологического процесса изготовления как отдельных деталей, так и машины в целом, способствует снижению удельной металлоёмкости машин и уменьшению количества отходов.

В курсовом проекте способ получения заготовки определяют на основании чертежа детали, результатов анализа ее служебного назначения и технических требований, программы выпуска, типа производства и величины серии.

Расчет выбора метода получения заготовки корпуса производим с помощью ПЭВМ по программе «SAPR» (прил. В).

Оценка правильности выбора заготовки производят обычно по минимальной величине приведенных затрат на изготовление детали. Расчет величины приведенных затрат выполняется по формуле:

$$П_з = M_з \cdot Ц_з - M_о \cdot Ц_о + C_m,$$

где  $M_з$  – масса заготовки, кг;

$Ц_з$  – расчетная цена заготовок, руб/кг;

$M_о$  – масса реализуемых отходов, образующихся при механической обработки, кг (определяется как разность между массой заготовки и массой детали);

$Ц_о$  – цена реализуемых отходов, руб/кг;

$C_m$  – стоимость механической обработки.

1. Горячая объёмная штамповка на молотах и прессах:

$$П_з = 2,179 \cdot 0,88 - 0,436 \cdot 0,011 + 1,02 = 2,93 \text{ руб.}$$

2. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах:

$$П_з = 2,051 \cdot 0,83 - 0,308 \cdot 0,008 + 0,96 = 2,66 \text{ руб.}$$

3. Ковка:

$$П_з = 2,905 \cdot 1,18 - 1,162 \cdot 0,029 + 1,36 = 4,75 \text{ руб.}$$

4. Прокат (круг, квадрат):

$$П_з = 4,358 \cdot 0,5 - 2,615 \cdot 0,065 + 2,45 = 4,46 \text{ руб.}$$

5. Прокат (труба):

$$П_з = 3,486 \cdot 0,62 - 1,743 \cdot 0,044 + 2,45 = 4,54 \text{ руб.}$$

Сравнивая методы получения заготовок цапфы, принимаем для производства штамповку на горизонтально-ковочных машинах так как у этого метода более низкие приведенные затраты по сравнению с другими методами. Эскиз заготовки корпуса представлен на рис. 4.

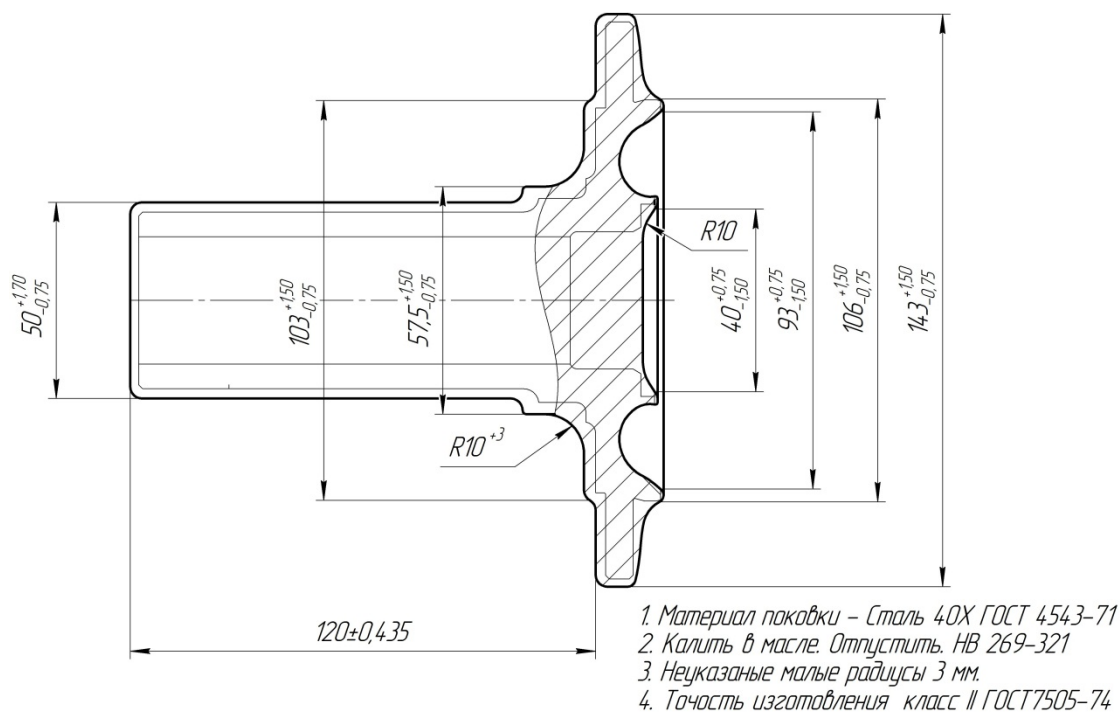


Рис. 4. Эскиз заготовки цапфы

#### 4.4. Методы обработки поверхностей заготовки

Метод обработки поверхностей заготовки выбирают исходя из необходимости обеспечения наиболее рационального процесса обработки, с учетом служебного назначения детали, функционального назначения поверхности, требований по геометрической точности и др.

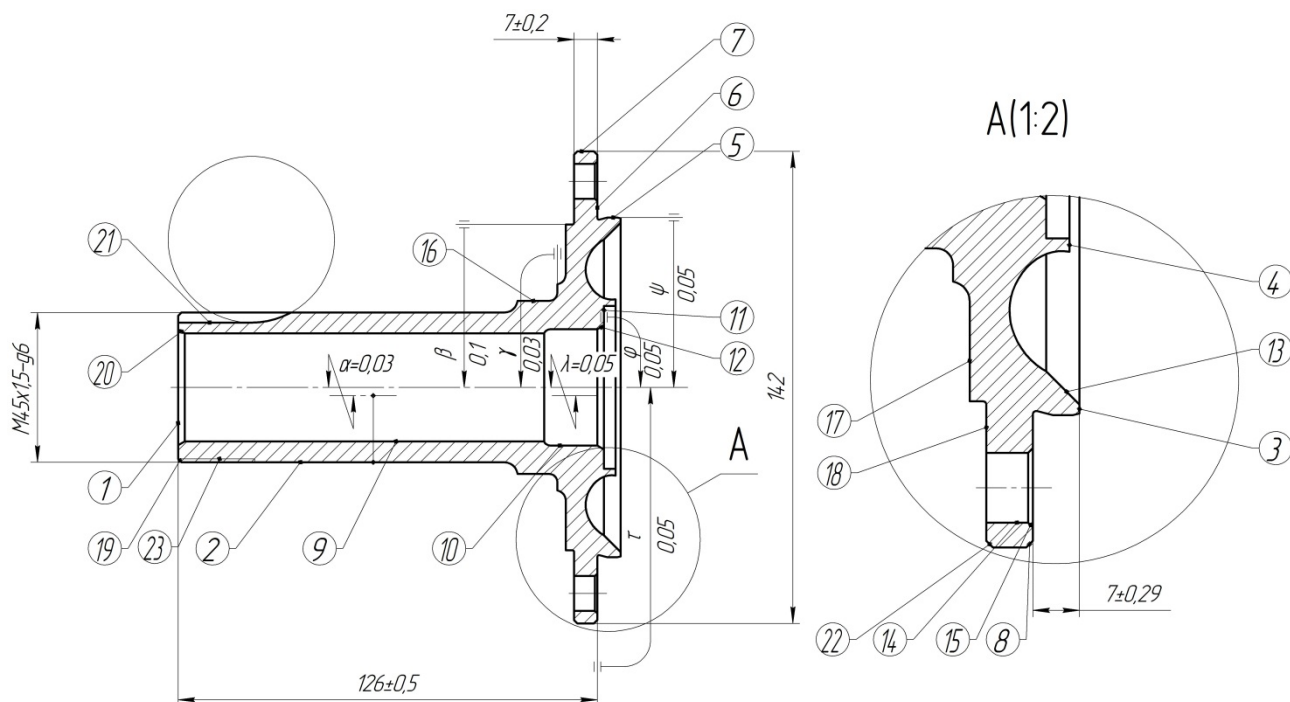


Рис. 5. Эскиз детали – цапфы поворотного кулака

Исходя из требований, предъявляемых к точности размеров, формы, шероховатости поверхностей корпуса, массы и конфигурации, а также типа производства, выбираем следующие методы механической обработки заготовки (табл. 3). Эскиз корпуса и порядковые номера обрабатываемых поверхностей представлены на рис. 5.

### 3. Маршруты обработки поверхностей цапфы

| № поверхности<br>(см. рис. 5)      | Вид поверхности           | Варианты маршрута обработки                                  |                                                                               |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |                           | первый                                                       | второй                                                                        |
| 9                                  | Цилиндрическая внутренняя | Сверление                                                    | Сверление                                                                     |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 17, 18 | Цилиндрическая наружная   | Точение предварительное;<br>Точение окончательное.           | Точение предварительное;<br>Точение окончательное.                            |
| 21                                 | Плоская                   | Фрезерование                                                 | Фрезерование                                                                  |
| 10, 11, 12, 22                     | Цилиндрическая внутренняя | Растачивание предварительное;<br>Растачивание окончательное. | Зенкерование предварительное;<br>Зенкерование окончательное;<br>Развертывание |
| 23                                 | Цилиндрическая наружная   | Нарезание резьбы                                             | Нарезание резьбы                                                              |
| 14                                 | Цилиндрическая внутренняя | Сверление                                                    | Сверление                                                                     |
| 15                                 | Цилиндрическая внутренняя | Зенковка                                                     | Зенковка                                                                      |

### 4.5. Маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали

Построение технологического маршрута обработки во многом определяется конструктивно-технологическими особенностями детали, в том числе требованиями, предъявляемыми к точности ее основных и вспомогательных баз. Выбор маршрута обработки существенно зависит от типа производства, уровня автоматизации и применяемого оборудования.

Составим два варианта маршрута технологического процесса изготовления цапфы, которые будут отличаться друг от друга базированием детали на операциях и применяемыми станками. Схемы базирования заготовки корпуса на различных операциях представлены на первом листе графической части курсового проекта.

Оба варианта технологического процесса были подвергнуты анализу точности (см. 1 лист графической части курсового проекта). В таблице 4 и 5 записаны два варианта маршрутного технологического процесса изготовления корпуса.

#### 4. Технологический процесс обработки заготовки корпуса – первый вариант

| № операции | № перехода | Наименование и содержание операции              | Станок           |
|------------|------------|-------------------------------------------------|------------------|
| 1          | 2          | 3                                               | 4                |
| 05         |            | <u>Програмная</u>                               | CTX beta 800 TC  |
| Установ А  | 1          | Установить и закрепить заготовку                |                  |
|            | 2          | Сверлить отверстие 9                            |                  |
| Установ Б  | 1          | Установить и закрепить заготовку                |                  |
|            | 2          | Подрезать торец 1                               |                  |
|            | 3          | Точить поверхности 2, 16, 17, 18 предварительно |                  |
|            | 4          | Точить поверхности 2, 16, 17, 18 окончательно   |                  |
|            | 5          | Снять фаску 22                                  |                  |
| Установ В  |            | Установить и закрепить заготовку                |                  |
|            | 1          | Подрезать торцы 3,4                             |                  |
|            | 2          | Точить поверхности 5,6,7 предварительно         |                  |
|            | 3          | Точить поверхности 5,6,7 окончательно           |                  |
|            | 4          | Снять фаску 8                                   |                  |
|            | 5          | Снять фаску 13                                  |                  |
|            | 6          | Расточить отверстия 9, 10, 11                   |                  |
|            | 7          | Снять фаску 12                                  |                  |
|            | 8          | Сверлить отверстия 15                           |                  |
|            | 9          | Зенковать отверстия 15                          |                  |
|            | 10         |                                                 |                  |
| Установ Г  | 1          | Установить и закрепить заготовку                |                  |
|            | 2          | Снять фаску 20                                  |                  |
|            | 3          | Нарезать резьбу на хвостовике 2                 |                  |
| 10         |            | <u>Горизонтально фрезерная</u>                  | DMG I 50         |
|            | 1          | Установить и закрепить заготовку                |                  |
|            | 2          | Фрезеровать шпоночный паз 21                    |                  |
| 15         |            | <u>Шлифовальная</u>                             | Vertical Mate 35 |
|            | 1          | Установить и закрепить заготовку                |                  |
|            | 2          | Шлифовать хвостовик 2                           |                  |

## 5. Технологический процесс обработки заготовки корпуса – второй вариант.

| № операции | № перехода | Наименование и содержание операции                                             | Станок                                                 |
|------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1          | 2          | 3                                                                              | 4                                                      |
| 05         | 1          | <u>Токарная</u><br>Установить и закрепить заготовку                            | Токарный вертикальный 8-ми шпиндельный<br>П/А<br>1K282 |
|            | 2          | Сверлить отверстие 9 на глубину 70 от торца внутреннего бурта                  |                                                        |
|            |            | Точить фланец 7                                                                |                                                        |
|            |            | Точить фаску 13                                                                |                                                        |
|            | 3          | Зенкеровать отверстие 10 на глубину 30 от торца внутреннего бурта              |                                                        |
|            |            | Точить:<br>Фланец 7                                                            |                                                        |
|            |            | Бурт 5                                                                         |                                                        |
|            | 4          | Подрезать:<br>Торец 3                                                          |                                                        |
|            |            | Торец 4                                                                        |                                                        |
|            | 5          | Зенкеровать отверстие 10                                                       |                                                        |
|            |            | Расточить фаску 13                                                             |                                                        |
|            |            | Точить:<br>Фаску 8                                                             |                                                        |
|            |            | Бурт 5                                                                         |                                                        |
|            | 6          | Подрезать:<br>Торец 6 с образованием канавки шириной 2 и радиусом перехода 0,5 |                                                        |
|            |            | Торец 18                                                                       |                                                        |
|            |            | Торец 3                                                                        |                                                        |
|            |            | Торец 4                                                                        |                                                        |
|            |            | Дно выточки 11                                                                 |                                                        |
|            |            | Снять фаску 23                                                                 |                                                        |
|            | 7          | Точить бурт 5                                                                  |                                                        |
|            |            | Зенкеровать отверстие 10 с образованием фаски 12                               |                                                        |
|            | 8          | Развернуть отверстие 10                                                        |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |
| 10         | 1          | <u>Токарная</u><br>Установить и закрепить заготовку                            | Токарный вертикальный 8-ми шпиндельный<br>П/А<br>1K282 |
|            |            | Засверлить отверстие 9                                                         |                                                        |
|            |            | Точить хвостовик 2                                                             |                                                        |
|            | 2          | Подрезать:<br>Торец 1                                                          |                                                        |
|            |            | Торец 17                                                                       |                                                        |
|            | 3          | Точить хвостовик 2                                                             |                                                        |
|            |            | Сверлить отверстие 9 на глубину 32                                             |                                                        |
|            |            | Точить шейку под втулку 16                                                     |                                                        |
|            | 4          | Точить хвостовик 2                                                             |                                                        |
|            |            | Сверлить на проход отверстие 9                                                 |                                                        |
|            |            | Точить шейку под втулку 16 с радиусом перехода 2,5                             |                                                        |
|            |            |                                                                                |                                                        |

Окончание табл. 5

| 1  | 2                | 3                                                                                                                                                                                                                                           | 4                                  |
|----|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|    | 5<br>6<br>7      | Подрезать торец хвостовика 1<br>Подрезать торец уступа 17<br>Точить шейку под втулку 16<br>Точить хвостовик 2<br>Зенкеровать центральное отверстие 9<br>Точить:<br>Хвостовик 2<br>Конец хвостовика 2 под резьбу на длине 26<br>Фаску 19, 20 |                                    |
| 15 | 1<br>2<br>3<br>4 | <u>Вертикально-сверлильная</u><br>Установить и закрепить заготовку<br>Сверлить одновременно 6 отверстий 14 до $\varnothing 11,5$<br>Сверлить одновременно 6 отверстий 14 до $\varnothing 10$<br>Зенкеровать одновременно 6 отверстий 14     | Вертикально-сверлильный 13A739     |
| 20 | 1<br>2           | <u>Вертикально-сверлильная</u><br>Установить и закрепить заготовку<br>Зенковать фаски 15                                                                                                                                                    | Вертикально-сверлильный НС-12      |
| 25 | 1<br>2           | <u>Резьбонарезная</u><br>Установить и закрепить заготовку<br>Нарезать резьбу на хвостовике 2                                                                                                                                                | Резьбонарезной 5Д07                |
| 30 | 1<br>2           | <u>Горизонтально-фрезерная</u><br>Установить и закрепить заготовку<br>Фрезеровать шпоночный паз 21                                                                                                                                          | Горизонтально-фрезерный ДФ-8880-25 |
| 35 | 1<br>2<br>3      | <u>Шлифовальная</u><br>Установить и закрепить заготовку<br>Шлифовать шейку под втулку 12<br>Шлифовать шейку под подшипник 2                                                                                                                 | Торцекругло-шлифовальный 3Т161     |
| 40 | 1<br>2           | <u>Полировальная</u><br>Установить и закрепить заготовку<br>Полировать поверхность 2                                                                                                                                                        | Токарный винторезный 1В61          |

Как показал анализ точности (см. лист 1 графической части курсового проекта):

1. Второй вариант ТП обеспечивает точность всех линейных и угловых размеров с запасом.
2. Второй вариант ТП имеет меньшую суммарную погрешность.
3. Во втором варианте ТП используется меньшее число оборудования.
4. Количество переходов реализуемых во втором варианте ТП значительно меньше чем в первом.
5. На основе анализа п.п. 1, 2, 3, 4 выбираем второй вариант ТП

#### 4.6 Расчет межпереходных припусков механической обработки заготовки

Используя чертёж детали – цапфы и его маршрутно-технологический процесс механической обработки, выполним расчёт межпереходных припусков для поверхности 18. Расчёт будем проводить на основе методики изложенной в справочнике [5]. Расчёт ведётся путём последовательного заполнения таблицы 6 по указанным ниже формулам.

На основе рабочего чертежа, анализа точности механической обработки и маршрутно-технологического процесса, запишем последовательность переходов в карту, начиная с заготовки.

##### 6. Карта расчета припусков на поверхность 12

| Технологический маршрут обработки | Элементы припуска, мкм |           |                       |                 | Расч. припуск $Z_{imin}$ , мкм | Расч. размер, $a_{imin}$ , мм | Допуск $T_i$ , мм | Предельные размеры, мм |           | Предельные значения припусков, мм |           |
|-----------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
|                                   | $R_{zi-1}$             | $h_{i-1}$ | $\Delta_{\Sigma i-1}$ | $\varepsilon_i$ |                                |                               |                   | $a_{max}$              | $a_{min}$ | $Z_{max}$                         | $Z_{min}$ |
| Заготовка                         | 1000                   |           | 166                   | -               | -                              | 122,69                        | 4                 | 126,63                 | 122,63    | -                                 | -         |
| 1.Точение пред.                   | 32                     | -         | 68                    | 0               | 630                            | 122                           | 1                 | 123                    | 122       | 3,63                              | 0,63      |
| 2.Точение оконч.                  | 10                     | -         | 20                    | 0               | 100                            | 121,9                         | 0,2               | 122,1                  | 121,9     | 0,9                               | 0,1       |
|                                   |                        |           |                       |                 |                                |                               |                   |                        |           | 4,53                              | 0,73      |

Заполняем графу «Элементы припуска» исходя из метода обработки. Для этого находим составляющие элементы припусков [5]:

$$Z_{i min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i,$$

где  $R_{zi-1}$  – высота микронеровностей на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного слоя на предшествующем переходе;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – суммарное отклонение расположения и формы поверхности на предшествующем переходе;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовке на выполняемом переходе.

Суммарное отклонение расположения и формы поверхности заготовки:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \Delta_{кор}$$

Коробление заготовки:

$$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot l = 2 \cdot 133 = 166 \text{ мкм},$$

где  $\Delta_k = 2$  – коробление, мкм/мм;  $l = 133$  – длина заготовки, мм.

Суммарное отклонение расположения и формы поверхности при предварительном точении:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = \Delta_{\Sigma i-1} \cdot K_y = 229 \cdot 0,3 = 68 \text{ мкм},$$

где  $K_y = 0,3$  – коэффициент уточнения.

При окончательном фрезеровании:

$$\Delta_{\Sigma i-1} = 56 \cdot 0,3 = 20 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки можно определить, как:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = 0 \text{ мкм},$$

где  $\varepsilon_6 = 0$  – погрешность базирования;  $\varepsilon_3 = 0$  – погрешность закрепления.

Минимальный припуск при последовательной обработке противоположащих поверхностей:

$$Z_{1 \min} = 400 + 229 = 629 \text{ мкм},$$

$$Z_{2 \min} = 32 + 68 = 100 \text{ мкм}.$$

Предельные размеры:

$$a_{i \min} = a_{i-1 \min} + Z_{i \min}; \quad a_{i \max} = a_{i \min} + TD;$$

$$a_{2 \min} = 121,9 + 0,1 = 122 \text{ мм},$$

$$a_{0 \min} = 122 + 0,63 = 122,63 \text{ мм}.$$

$$a_{2 \min} = 122 + 1 = 123 \text{ мм},$$

$$a_{0 \min} = 122,63 + 4 = 126,63 \text{ мм}.$$

Предельные размеры припусков:

$$Z_{i \max} = a_{i-1 \max} - a_{i \max};$$

$$Z_{2 \max} = 123 - 122,1 = 0,9 \text{ мм},$$

$$Z_{1 \max} = 126,63 - 123 = 3,63 \text{ мм}.$$

Правильность проведенных расчетов проверяем по формуле:

$$\begin{aligned} \sum Z_{i \max} - \sum Z_{i \min} &= T_0 - T_2; \\ (3,63 + 0,9) - (0,1 + 0,63) &= 4 - 0,2; \\ 3,8 &= 3,8 \end{aligned}$$

Условие выполняется, следовательно, расчеты выполнены верно.

Остальные расчеты межоперационных припусков производим на ПЭВМ с помощью программного пакета “SAPR” (приложение Г).

#### 4.7. Расчет режимов резания

Рассчитаем режимы резания для фрезерования шпоночного паза 21 (10 операция, 2 переход) вручную, а на остальные поверхности с помощью ПЭВМ (прил. Д).

При расчете режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Мощность станка  $N_{\text{ст}} = 14$  кВт.

Режущий инструмент выбираем по каталогу Sandvik Coromant [7]: фреза торцовая CoroMill 331 Ø50,  $z = 3$ , материал режущей части: GS4230.

Перебег - 0 мм.

Врезание – 10 мм.

Глубина обработки – 3 мм.

Скорость резания и подачу на зуб определяем по каталогу Sandvik Coromant [7]:  $V = 200$  м/мин,  $S_z = 0,14$  мм/зуб.

Частота вращения фрезы:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 50} = 1274 \text{ об/мин.}$$

Минутная подача:

$$S_M = S_z z n = 0,14 \cdot 3 \cdot 1274 = 535 \text{ мм/мин.}$$

Главная составляющая силы резания при фрезеровании:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp}$$

Значение коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 41 [7, с. 291]:  $C_p = 261$ ;  $q = 1,1$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$ ;  $u = 1,1$ ;  $p = 0$ ;  $w = 0,1$ .

Поправочный коэффициент учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости определим по табл. 9 [7, с. 264]:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{960}{750} \right)^1 = 1,07.$$

Тогда:

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,14^{0,8} \cdot 7^{1,1} \cdot 3}{50^{1,1} \cdot 1274^{0,1}} \cdot 1,07 = 258 \text{ Н.}$$

Относительные значения составляющих сил резания [7, табл. 42, с 292]:

$$P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 258 = 103,2 \text{ Н;}$$

$$P_x = 0,525 \cdot P_z = 0,525 \cdot 258 = 135,45 \text{ Н.}$$

Данные расчеты сил резания являются приближенными поскольку использовались коэффициенты для инструментальных материалов старых образцов без нанесения износостойких покрытий.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{258 \cdot 50}{2 \cdot 1000} = 6,45 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность резания:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020} = \frac{1292 \cdot 200}{60 \cdot 1020} = 4,2 \text{ кВт}.$$

Необходимая мощность на валу электродвигателя:

$$N_{рез} = \frac{N_p}{0,9} = \frac{4,2}{0,9} = 4,7 \text{ кВт}.$$

Для того чтобы на выбранном станке возможно было осуществить процесс резания необходимо чтобы мощность электродвигателя данного станка  $N_{ст} = 14$  была больше (или, в крайнем случае, равна) расчетной мощности  $N_{рез}$ , т.е.  $N_{ст} \geq N_{рез}$ .

$$14 \geq 4,7$$

Условие выполняется.

Определим основное технологическое время:

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{S_m} = \frac{22 + 10 + 0}{535} = 0,06 \text{ мин}.$$

где  $l = 22$  – длина обработки, мм;

$y = 10$  – величина врезания инструмента, мм;

$\Delta = 0$  – величина перебега инструмента.

#### 4.8. Технологическая документация

Выбираем форму заполнения технологической документации – карту технологического процесса (КТП) согласно ГОСТ 3.1404-86. КТП изготовления корпуса представлена в прил. Е. Технологические эскизы обработки заготовки корпуса приведены на 2 листе курсового проекта.

## 5. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ

### 5.1. Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки

Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки оформляем в виде таблицы 7.

#### 7. Техническое задание на проектирование приспособления для программной обработки

| Раздел                                   | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Наименование и область применения        | Приспособление для программной обработки (10 операция)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Основания для разработки                 | Операционная карта технологического процесса механической обработки корпуса                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Цель и назначение разработки             | Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки цапфы, а также постоянное во времени и пространстве положение заготовки относительно стола станка и режущего инструмента с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки; рост производительности труда на данной операции на 10-15%; время закрепления – снятия заготовки не более 1,5 мин.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Технические требования                   | <p>Тип производства – мелкосерийный; годовой объем выпуска: - 4500 шт.</p> <p>Установленные присоединительные размеры приспособления должны соответствовать горизонтально фрезерному станку DMG I 50, необходимо выдерживать настроечные размеры и обеспечить необходимую точность для данных размеров.</p> <p>Время закрепления заготовки: не более 0,4 мин.</p> <p>Уровень унификации и стандартизации деталей приспособления: 95%</p> <p>Входные данные заготовки: длина <math>133 \pm 0,5</math> мм, максимальный диаметр <math>\varnothing 142 \pm 0,5</math> мм., диаметр хвостовика <math>\varnothing 45 \pm 0,02</math></p> <p>Выходные данные детали операции 10: ширина паза 7 мм., глубина паза 3 мм., шероховатость Ra10.</p> |
| Документация используемая при разработке | ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкций изделий. Общие требования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Документация подлежащая разработке       | Пояснительная записка, чертеж общего вида приспособления, спецификация.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 5.2. Выбор системы приспособления для программной обработки

Выбор системы приспособления был осуществлен с помощью программы «SAPR», результат показал, что единственным вариантом является не перенастраиваемые специальные приспособления (прил. 4).

Приспособление для горизонтально-фрезерной обработки заготовки корпуса на 10 операции спроектировано по аналогии с универсальными сборными элементами каталога фирмы «Kipr» [8].

## 5.3. Расчет зажимных устройств приспособления

Силовой расчет приспособления выполним при фрезеровании дисковой. Силы резания при фрезеровании:  $P_z = 258 \text{ Н}$ ,  $P_y = 103,2 \text{ Н}$ ,  $P_x = 135,45 \text{ Н}$  (см. п.п. 4.7).

Составляем расчетную схему, при этом на схеме показываем базирование заготовки, действующие силы резания, силы трения возникшие в местах контакта заготовки с установочными ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) и зажимными элементами приспособления ( $T_5$ ), и точку приложения силы зажима  $Q$  прихвата (Рис. 6).

При обработке заготовки цапфы возможны случаи:

1. Под действием окружной составляющей силы резания  $P_z$  и составляющей силы резания  $P_y$  возможен сдвиг заготовки, который предотвращается силами трения, возникающими в местах контакта заготовки с приспособлением  $T_1, T_2, T_3, T_4$  и зажимным устройством  $T_5$  (рис. 6).

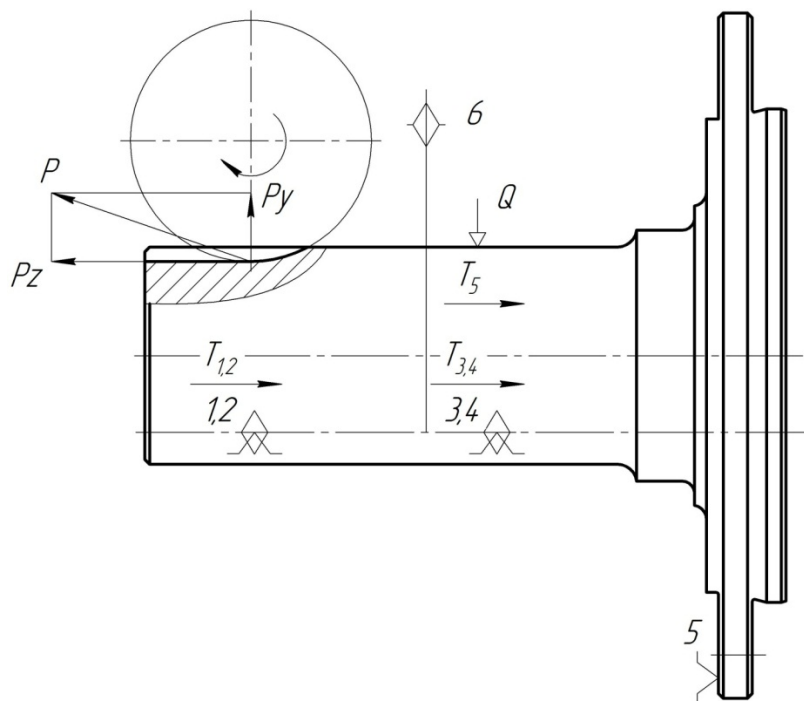


Рис. 6. Расчетная схема приспособления

Масса заготовки незначительна.

Соответственно этому условию можно записать.

$$P_z < T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

Определим силы трения

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = N \cdot f_2 = \frac{Q + P_y}{4 \cdot \sin \alpha / 20} \cdot f_2;$$

$$T_5 = Q \cdot f_1$$

Введя коэффициент запаса  $K$  [6] и подставив значения сил трения, после преобразования получим

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot \sin \alpha / 2 + P_y \cdot f_2}{f_1 \cdot \sin \alpha / 2 + f_2} = \frac{3,7 \cdot 258 \cdot \sin 45 + 103,2 \cdot 0,2}{0,16 \cdot \sin 45 + 0,2} = 537,5$$

где  $f_1 = 0,16$  – коэффициент трения при контакте заготовки с опорами приспособления обработанными поверхностями;

$f_2 = 0,2$  – коэффициент трения при контакте заготовки с ЗМ.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где  $K_0 = 1,5$  – коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемой поверхности при предварительном фрезеровании;

$K_2 = 1,6$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания, вследствие затупления режущего инструмента при предварительном фрезеровании;

$K_3 = 1,2$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании (фрезерование);

$K_4 = 1,3$  – коэффициент, учитывающий изменение зажимного усилия (для ручных зажимных устройств);

$K_5 = 1$  – коэффициент, характеризующий эргономику ручных зажимных устройств;

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 = 3,7.$$

2. Отрыв (опрокидывание) заготовки под действием сил  $P_z$  и  $P_y$  предупреждается силой зажима прихвата.

Рассчитав значение силы зажима  $Q$ , определим усилие на ключе  $P$ , которое необходимо приложить для её реализации. Для этого изобразим расчетную схему (см. рис.12).

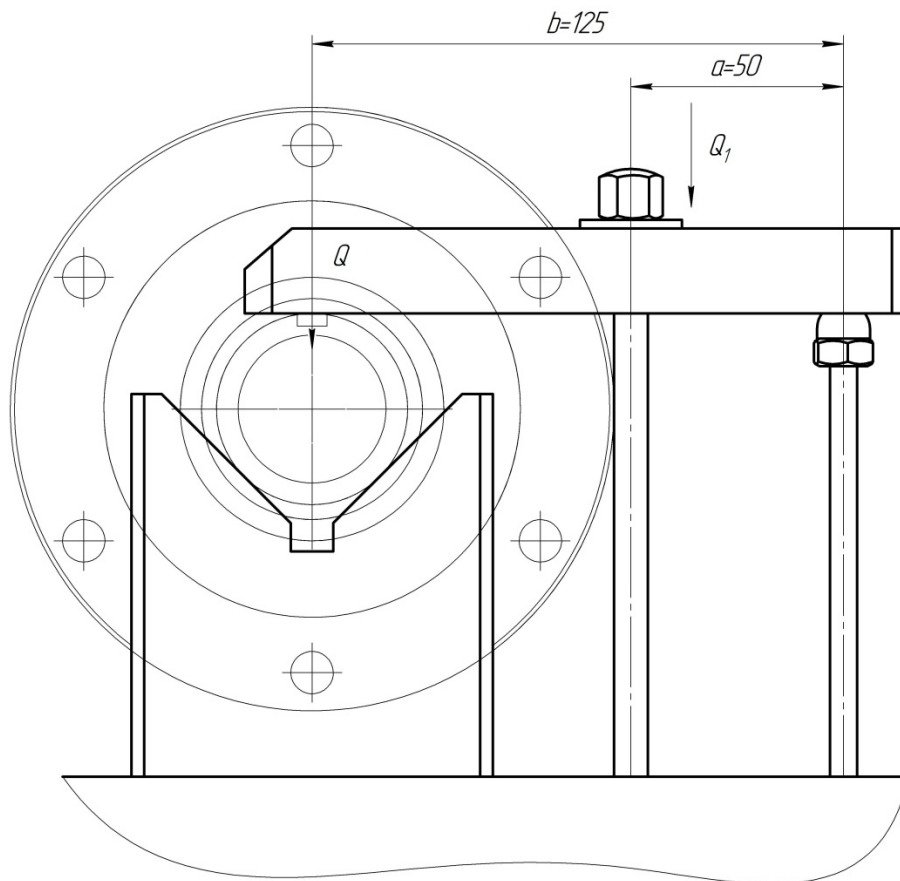


Рис. 7. Расчетная схема определения усилия зажима на ключе  
 Определяем необходимое усилие гайки:

$$Q \cdot b = Q_1 \cdot a,$$

$$Q_1 = \frac{Q \cdot b}{a} = \frac{537,5 \cdot 120}{50} = 1290 \text{ Н.}$$

Определяем необходимый момент затяжки гайки:

$$M = Q_1 \cdot \left[ d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3} \left( \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right) \cdot f_t \right] \cdot 10^{-3}$$

где  $b = 50$  – расстояние от оси шпильки до точки приложения силы  $Q$ , мм;

$d_2 = 7,35$  – средний диаметр резьбы шпильки, мм;

$\alpha = 3$  – угол подъема витка резьбы, град;

$\varphi_{\text{пр}} = 6,5$  – приведенный угол трения в резьбовой паре, град;

$D = 13$  и  $d = 8$  – наружный и внутренний диаметры опорного торца, мм;

$f = 0,2$  – коэффициент трения гайки.

$$M = 1290 \cdot \left[ 7,35 \cdot \operatorname{tg}(3 + 6,5) + \frac{1}{3} \cdot 0,2 \cdot \frac{13^3 - 8^3}{13^2 - 8^2} \right] \cdot 10^{-3} =$$

$$= 3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Тогда усилие на ключе:

$$P = \frac{M}{l} = \frac{3}{175 \cdot 10^{-3}} = 17 \text{ Н}$$

где  $l = 175$  – длина рукоятки гаечного ключа.

#### 5.4. Расчет приспособления на точность

Определим необходимую точность приспособления для обеспечения отклонения от соосности  $\alpha$  оси шпоночного паза относительно оси призмы, которая должна быть не более 0,02 мм на длине призмы (см. рис. 8). Для выполнения этого условия необходимо рассчитать, с какой точностью должна быть выдержана при сборке приспособления соосность оси призмы и оси шпонки, то есть с каким допуском должен быть выполнен параметр  $\varphi$ .

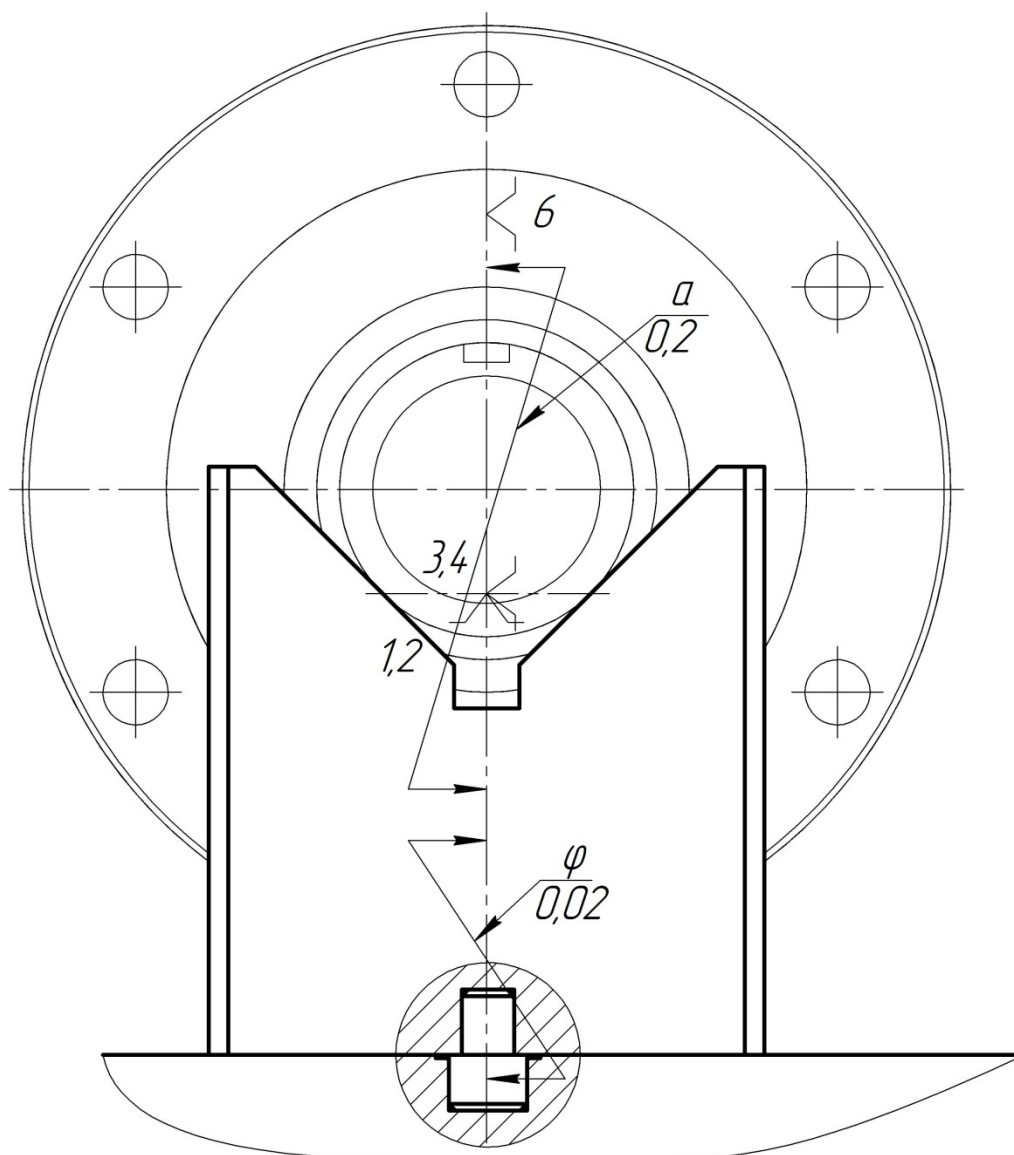


Рис. 8. Схема для расчета приспособления на точность

Определим необходимую точность приспособления по размеру  $\varphi$ .

Погрешность базирования:

$$\omega_6^\varphi = 0 \text{ мм.}$$

Погрешность закрепления заготовки:

$$\omega_3^\varphi = 0 \text{ мм.}$$

Погрешность установки заготовки:

$$\omega_y^\varphi = \omega_6^\varphi + \omega_3^\varphi = 0 + 0 = 0 \text{ мм.}$$

Суммарная погрешность обработки:

$$\omega_\Sigma^\varphi = K_\Pi \cdot \omega_{\text{т.с.}} = 0,5 \cdot 0,03 = 0,015 \text{ мм.}$$

где  $K_\Pi = 0,5$  – поправочный коэффициент для размеров выполненных по 8-му качеству и выше [9].

Допустимая погрешностью установки:

$$[\omega_y]^\varphi = \sqrt{T_A^2 - K_\Pi^2 \cdot \omega_{\text{т.с.}}^2} = \sqrt{0,02^2 - 0,5^2 \cdot 0,03^2} = 0,013 \text{ мм.}$$

$\omega_y^\varphi < [\omega_y]^\varphi$  – следовательно предлагаемая схема базирования приемлема.

Суммарная погрешность приспособления:

$$\omega_{\text{пр}} = T - \sqrt{\omega_y^2 + K^2 \cdot \omega_{\text{т.с.}}^2} = 0,02 - \sqrt{0^2 + 0,7^2 \cdot 0,03^2} = 0,005 \text{ мм.}$$

Допуск на расчетный размер собранного приспособления:

$$T_c = \omega_{\text{пр}} - (\varepsilon_{\text{уп}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_\Pi) = 0,005 - (0 + 0 + 0) = 0,005 \text{ мм,}$$

где  $\varepsilon_{\text{уп}} = 0$  – погрешность установки приспособления на станке мм:

$\varepsilon_3 = 0$  – погрешность, возникающая вследствие конструктивных зазоров, необходимых для посадки заготовки на установочные элементы приспособления, мм;

$\varepsilon_\Pi = 0$  – погрешность, связанная с направляющими элементами для режущего инструмента, мм.

Принимаю  $T_c = 0,01$  мм. В технических требованиях на изготовление приспособления должно быть введено требование по допустимому отклонению от соосности оси призмы поз. 3 относительно оси шпонки поз.11 не более 0,01мм на длине призмы.

## 5.5. Описание работы приспособления

Общий вид приспособления изображен на 3-ем листе графической части курсового проекта Заготовка устанавливается на призму поз. 3, закрепленную на плите поз. 1 таким образом формируется двойная направляющая база. Роль

опорной базы выполняет штифт поз.12. Заготовка прижимается к призме с помощью прихвата 2. На столе станка приспособление базируется за счет штифтов 4.

Приспособление относится к группе не переналаживаемых специальных приспособлений. Спецификация на сборочный чертеж приведена в приложении 3.

## 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОГО ТП ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСА

Экономический анализ ТП механической обработки выполняют путем сопоставления тех или иных затрат в первом и во втором вариантах ТП.

Цель экономического анализа двух сравниваемых вариантов ТП механической обработки заготовок - выбор варианта, удовлетворяющего требованию минимальных затрат на обработку детали при обеспечении заданных характеристик качества.

Экономический анализ принятого варианта ТП механической обработки детали выполняется с целью выявления операций требующих наибольших затрат, для дальнейшего их совершенствования. Кроме того, такой анализ позволяет определить к каким технологическим эффектам необходимо стремиться при разработке мероприятий по совершенствованию ТП.

Годовой экономический эффект рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E} = (C_1 + K_1 \cdot E_n) - (C_2 + K_2 \cdot E_n),$$

где  $C_1, C_2$  - себестоимость годового объема производства по первому и по второму варианту ТП, руб.;

$K_1, K_2$  - капитальные вложения по первому варианту и по второму варианту ТП, руб.;

$E_n = 0,15$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

### 6.1. Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты рассчитываются отдельно по первому и второму варианту ТП по формуле:

$$K = K_{\text{опф}} + K_{\text{ос}} + K_{\text{ниокр}},$$

где  $K_{\text{опф}}$  – капитальные затраты основных производственных фондов;

$K_{\text{ос}}$  – оборотные средства.

$$K_{\text{опф}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{об}} + K_{\text{ин}},$$

где  $K_{\text{зд}}$  – стоимость зданий и сооружений, руб.;

$K_{\text{об}}$  – стоимость оборудования, руб.;

$K_{\text{ин}}$  – стоимость инструмента и технологической оснастки, руб.;

$K_{\text{ниокр}}$  – затраты на НИОКР, руб.

## 1. Расчет стоимости оборудования.

Расчет стоимости основного производственного оборудования ведется с учетом затрат на монтаж и транспортно-заготовительные расходы.

Затраты на монтаж оборудования принимаются укрупнено в размере 5% от стоимости основного оборудования. Транспортно-заготовительные расходы принимаются в размере 5% от оптовой цены производственного оборудования. Результаты расчета приведены в табл. 8.

### 8. Расчет стоимости оборудования

| Наименование<br>оборудования                               | Приня-<br>тое кол-<br>во, шт | Установлен-<br>ная<br>мощность,<br>кВт/ч | Занимае-<br>мая<br>площадь,<br>м <sup>2</sup> | Затраты на единицу, тыс. руб. |                                |             |            |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|------------|
|                                                            |                              |                                          |                                               | опто-<br>вая<br>цена          | транспорт-<br>ные расхо-<br>ды | мон-<br>таж | ито-<br>го |
| Первый вариант                                             |                              |                                          |                                               |                               |                                |             |            |
| 1.Вертикально-<br>фрезерный 6P12                           | 1                            | 7,5                                      | 4                                             | 930                           | 47                             | 47          | 1024       |
| 2.Вертикально-<br>сверлильный<br>2A135                     | 1                            | 4,5                                      | 0,8                                           | 675                           | 34                             | 34          | 254        |
| 3.Обрабатываю-<br>щий центр с<br>ЧПУ<br>ИР500ПМФ4          | 1                            | 14                                       | 20,6                                          | 3860                          | 193                            | 193         | 1508       |
| Итого                                                      | 3                            | 26                                       | 25,4                                          | 5 465                         | 274                            | 274         | 6013       |
| Второй вариант                                             |                              |                                          |                                               |                               |                                |             |            |
| 1.Вертикально<br>обрабатываю-<br>щий центр с<br>ЧПУ DMU 50 | 1                            | 14                                       | 10,2                                          | 10098                         | 505                            | 505         | 1110<br>8  |
| Итого                                                      | 1                            | 14                                       | 10,2                                          | 10098                         | 505                            | 505         | 1110<br>8  |

## 2. Расчет стоимости производственных помещений

Стоимость производственных площадей находят по следующей формуле:

$$K_{зд} = S_{уч} \cdot S_M^F,$$

где  $S_{уч}$  – площадь участка, м<sup>2</sup>;

$S_M^F = 30$  – стоимость 1 м<sup>2</sup> производственных площадей, тыс. руб.

Общая площадь участка определяется по формуле:

$$S_{уч} = \sum F_i \cdot K_{д.пл.},$$

где  $F_i$  – площадь занимаемая  $i$ -ым станком, м<sup>2</sup>;

$K_{д.пл.} = 2,5$  - коэффициент, учитывающий дополнительную площадь на проходы и проезды.

Площадь участка по первому варианту:

$$S_{уч1} = 25,4 \cdot 2,5 = 63,5 \text{ м}^2.$$

Стоимость участка:

$$K_{зд1} = 63,5 \cdot 30 = 1\,905 \text{ тыс. руб.}$$

Площадь участка по второму варианту:

$$S_{уч2} = 10,2 \cdot 2,5 = 25,5 \text{ м}^2.$$

Стоимость участка:

$$K_{зд2} = 25,5 \cdot 30 = 765 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчета основных производственных фондов занесены в табл. 9.

#### 9. Расчет стоимости основных производственных фондов

| Наименование                   | Сумма, тыс. руб. | Обоснование стоимости         |
|--------------------------------|------------------|-------------------------------|
| Первый вариант                 |                  |                               |
| 1. Здания и сооружения         | <b>1 905</b>     |                               |
| 2. Оборудование, всего:        | <b>6143</b>      |                               |
| в т.ч. станочное               | 6013             |                               |
| энергетическое                 | 130              | 5000 руб. за 1кВт мощности    |
| 3. Инструмент и приспособления | <b>614</b>       | 10% от стоимости оборудования |
| 4. Инвентарь всего:            | <b>252</b>       |                               |
| в т.ч. производственный        | 246              | 4% от стоимости оборудования  |
| хозяйственный                  | 6                | 2000 руб. на 1 рабочего       |
| Итого                          | <b>8 914</b>     |                               |
| Второй вариант                 |                  |                               |
| 1. Здания и сооружения         | <b>765</b>       |                               |
| 2. Оборудование, всего:        | <b>11 178</b>    |                               |
| в т.ч. станочное               | 11 108           |                               |
| энергетическое                 | 70               | 5000 руб. за 1кВт мощности    |
| 3. Инструмент и приспособления | <b>1 118</b>     | 10% от стоимости оборудования |
| 4. Инвентарь всего:            | <b>449</b>       |                               |
| в т.ч. производственный        | 447              | 4% от стоимости оборудования  |
| хозяйственный                  | 2                | 2000 руб. на 1 рабочего       |
| Итого                          | <b>13 510</b>    |                               |

3. Затраты на НИОКР находятся по следующей формуле:

$$C_{\text{ниокр}} = T_{\text{ниокр}} \cdot Ц_{\text{ниокр}} = 20 \cdot 1\,200 = 24\,000 \text{ руб.},$$

где  $T_{\text{ниокр}}$  – трудоемкость НИОКР,  $T_{\text{ниокр}} = 20$  чел.-день;

$Ц_{\text{ниокр}} = 1\,200$  – цена за 1 чел.-день НИОКР (с учетом налогов и накладных расходов), руб.

4. Расчет оборотных средств.

Оборотные фонды – эта та часть производственных фондов, которая целиком потребляется в каждом производственном цикле, полностью переносит свою стоимость на готовый продукт и целиком возмещается в результате реализации продукции.

Величину оборотных средств принимаем 50% от стоимости ОПФ.

Для первого варианта:

$$K_{oc1} = 0,5 \cdot K_{опф1} = 0,5 \cdot 8\,914 = 4\,457 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта:

$$K_{oc2} = 0,5 \cdot K_{опф2} = 0,5 \cdot 13\,510 = 6\,775 \text{ тыс. руб.}$$

Капитальные затраты для первого варианта:

$$K_1 = K_{опф} + K_{oc} + K_{ниокр} = 8\,914 + 4\,457 + 0 = 13\,371 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта:

$$K_2 = 13\,510 + 6\,775 + 24 = 20\,309 \text{ тыс. руб.}$$

## 6.2. Расчет себестоимости и цены изделия

1. Затраты на основные материалы определяются исходя из годового расхода материалов и оптовых цен на материалы, взятых из прейскурантов.

Расчет затрат на материалы выполняем по формуле:

$$З_м = Н_м \cdot Ц_м - Н_о \cdot Ц_о,$$

где  $Н_м = 5500$  – годовой расход материала, кг;

$Ц_м = 20$  – оптовая цена материала с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб/кг;

$Н_о = 1650$  – общий вес отходов за год, кг;

$Ц_о = 4,5$  – оптовая цена отходов с учетом транспортно-заготовительных расходов, руб/кг.

Затраты на основные материалы по первому и второму вариантам:

$$З_м = 5500 \cdot 20 - 1650 \cdot 4,5 = 102\,575 \text{ руб.}$$

2. Основная заработная плата основных рабочих определяется по формуле:

$$З_{оз} = t_{ст}^{cp} \cdot \frac{A \cdot \sum t_{шт.i}}{60}$$

где  $t_{шт.i}$  – норма штучного времени на  $i$ -ой операции, мин;

$t_{ст}^{cp}$  – средняя часовая тарифная ставка, руб/час.

Средняя часовая тарифная ставка находится по формуле:

$$t_{ст}^{cp} = \frac{\sum t_{ст.i} \cdot P_i}{\sum P_i},$$

где  $t_{ст.i}$  – часовая тарифная ставка рабочего  $i$ -го разряда;

$P_i$  – численность рабочих  $i$ -го разряда;

Часовая тарифная ставка рабочего 4 разряда  $t_{ст.4} = 49,8$  руб/час, 5 разряда

$t_{\text{ст.5}} = 54,2$  руб/час. Данные о численности и разрядах рабочих приведены в табл. 10.

#### 10. Ведомость рабочей силы

| Наименование профессий  | Численность, чел |       | В том числе по разрядам |   |
|-------------------------|------------------|-------|-------------------------|---|
|                         | В одну смену     | Всего | IV                      | V |
| Первый вариант          |                  |       |                         |   |
| Основные рабочие:       |                  |       |                         |   |
| -фрезеровщик            | 1                | 2     | 2                       | - |
| -сверловщик             | 1                | 2     | 2                       | - |
| -оператор станков с ЧПУ | 1                | 2     | -                       | 2 |
| Итого                   | 3                | 6     | 4                       | 2 |
| Второй вариант          |                  |       |                         |   |
| Основные рабочие:       |                  |       |                         |   |
| -оператор станков с ЧПУ | 1                | 2     | -                       | 2 |
| Итого                   | 1                | 2     | -                       | 2 |

Средняя часовая тарифная ставка по первому варианту:

$$t_{\text{ст}}^{\text{ср}} = \frac{(49,8 \cdot 4) + (2 \cdot 54,2)}{6} = 38,5 \text{ руб/ч.}$$

Основная заработная плата основных рабочих по первому варианту:

$$З_{\text{оз1}} = 38,5 \cdot \frac{2000 \cdot 164}{60} = 210\,467 \text{ руб.}$$

По второму варианту:

$$З_{\text{оз2}} = 54,2 \cdot \frac{2000 \cdot 45}{60} = 81\,300 \text{ руб.}$$

3. Премии основных рабочих устанавливаются в размере 40% от основной заработной платы:

$$З_{\text{пр}} = 0,4 \cdot З_{\text{оз}}.$$

Премии основных рабочих по первому варианту:

$$З_{\text{пр1}} = 0,4 \cdot 210\,467 = 84\,187 \text{ руб.}$$

По второму варианту:

$$З_{\text{пр2}} = 0,4 \cdot 81\,300 = 32\,520 \text{ руб.}$$

4. Дополнительная заработная плата основных рабочих принимается в размере 10% от основной с премией.

$$З_{\text{доп}} = 0,1 \cdot (З_{\text{оз}} + З_{\text{пр}}).$$

Дополнительная заработная плата по первому варианту:

$$З_{\text{доп1}} = 0,1 \cdot (210\,467 + 84\,187) = 29\,466 \text{ руб.}$$

По второму варианту:

$$З_{\text{доп2}} = 0,1 \cdot (81\,300 + 32\,520) = 11\,382 \text{ руб.}$$

5. Отчисления во внебюджетные фонды основных рабочих принимаются в размере 30,2% от суммы основной зарплаты, премии, дополнительной зарплаты:

$$З_{отч} = 0,302 \cdot (З_{доп} + З_{оз} + З_{пр}).$$

Для первого варианта:

$$З_{отч1} = 0,302 \cdot (210\,467 + 84\,187 + 29\,466) = 97\,885 \text{ руб.}$$

Для второго варианта:

$$З_{отч1} = 0,302 \cdot (11\,382 + 81\,300 + 32\,520) = 37\,811 \text{ руб.}$$

6. Затраты на инструмент принимаем укрупненно в размере 5% от балансовой стоимости оборудования:

$$З_{ин} = 0,05 \cdot K_{об}.$$

Для первого варианта:

$$З_{ин1} = 0,05 \cdot 6143 = 308 \text{ тыс. руб.}$$

Для второго варианта:

$$З_{ин2} = 0,05 \cdot 11\,178 = 559 \text{ тыс. руб.}$$

7. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования определяются по формуле:

$$З_{сод} = З_a + З_p + З_э + З_{пр},$$

где  $З_a$  – амортизационные отчисления оборудования,  $З_a = H_a \cdot S_{ст.об}$ ,  $H_a = 5\%$  – для универсальных станков без ЧПУ,  $H_a = 6,7\%$  – для универсальных станков с ЧПУ, в т.ч. обрабатывающих центров;

$З_p$  – затраты на ремонт оборудования, принимаем 6% от стоимости оборудования,  $З_p = 0,06 \cdot S_{ст.об}$ ;

$З_э$  – затраты на электроэнергию, руб;

$З_{пр}$  – прочие затраты на оборудование, принимаем 15% от затрат на электроэнергию,  $З_{пр} = 0,15 \cdot З_э$ .

$$З_э = \sum N_{об} \cdot F_{эф} \cdot K_N \cdot K_B \cdot K_{пс} \cdot Ц_{эл}.$$

где  $\sum N_{об}$  – суммарная мощность оборудования, кВт;

$F_{эф} = 4015$  – годовой фонд эффективной работы, ч;

$K_N = 0,8$  – коэффициент использования мощности оборудования;

$K_B = (0,5 \div 0,8)$  – коэффициент использования оборудования во времени;

$K_{пс} = 1,15$  – коэффициент потерь электроэнергии в сетях;

$Ц_{эл} = 5,5$  – цена за 1 кВт/ч электроэнергии, руб.

Затраты на электроэнергию для первого варианта:

$$З_{э1} = 26 \cdot 4015 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1,15 \cdot 5,5 = 353\,243 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования по первому варианту:

$$З_{\text{сод}1} = 0,05 \cdot 6143 + 0,06 \cdot 6143 + 353\,243 + 0,15 \cdot 353\,243 = 406\,905 \text{ руб.}$$

Для второго варианта:

$$З_{\text{э}2} = 14 \cdot 4015 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1,15 \cdot 5,5 = 184\,875 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{сод}2} = 0,067 \cdot 11108 + 0,06 \cdot 11108 + 184875 + 0,15 \cdot 184875 = 214\,017 \text{ руб.}$$

8. Цеховые расходы принимаются в размере 170% от  $З_{\text{оз}}$ :

$$З_{\text{цех}} = 1,7 \cdot З_{\text{оз}}.$$

Для первого варианта:

$$З_{\text{цех}1} = 1,7 \cdot 210\,467 = 357\,795 \text{ руб.}$$

Для второго:

$$З_{\text{цех}2} = 1,7 \cdot 81\,300 = 138\,210 \text{ руб.}$$

9. Общезаводские расходы принимаются в размере 130% от  $З_{\text{оз}}$ :

$$З_{\text{зав}} = 1,3 \cdot З_{\text{оз}}.$$

Для первого варианта:

$$З_{\text{зав}1} = 1,3 \cdot 210\,467 = 206\,874 \text{ руб.}$$

Для второго:

$$З_{\text{зав}2} = 1,3 \cdot 81\,300 = 105\,690 \text{ руб.}$$

Сводим все расчеты в табл. 11.

11. Техничко-экономические показатели первого и второго вариантов технологического процесса изготовления корпуса 189.05

| Наименование показателей                              | Единица измерения | Значения показателей по вариантам |                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
|                                                       |                   | Первый                            | Второй            |
| 1. Годовой объем производства и реализации продукции  | шт.               | 2 000                             | 2 000             |
| 2. Капитальные затраты                                | руб.              | <b>13 371 00</b>                  | <b>20 309 000</b> |
| 2.1. Стоимость ОПФ                                    |                   | 8 914 000                         | 13 510 000        |
| 2.2.1. Здания и сооружения                            |                   | 1 905 000                         | 765 000           |
| 2.1.2. Оборудование                                   |                   | 6 143 000                         | 11 178 000        |
| 2.1.3. Инструменты и приспособления                   |                   | 614 000                           | 1 118 000         |
| 2.1.4. Инвентарь                                      |                   | 252 000                           | 449 000           |
| 2.2. Величина оборотных средств                       |                   | 4 457 000                         | 6 775 000         |
| 2.3. Затраты на НИОКР                                 |                   | -                                 | 24 000            |
| 3. Производственная себестоимость                     | руб.              | <b>2 135 887</b>                  | <b>1 282 505</b>  |
| 3.1. Затраты на основные материалы                    |                   | 102 575                           | 102 575           |
| 3.2. Заработная плата                                 |                   | 210 467                           | 81 300            |
| 3.3. Премия                                           |                   | 84 187                            | 32 520            |
| 3.4. Дополнительная заработная плата                  |                   | 29 466                            | 11 382            |
| 3.5. Отчисления во внебюджетные фонды                 |                   | 97 885                            | 37 811            |
| 3.6. Затраты на инструмент и технологическую оснастку |                   | 308 000                           | 559 000           |

|                                                           |      |                  |                  |
|-----------------------------------------------------------|------|------------------|------------------|
| 3.7. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования    |      | 406 905          | 214 017          |
| 3.8. Цеховые расходы                                      |      | 357 795          | 138 210          |
| 3.9. Общезаводские расходы                                |      | 273 607          | 105 690          |
| 4. Внепроизводственные расходы (3% от произв. себестоим.) | руб. | 64 076           | 38 475           |
| 5. Полная себестоимость                                   | руб. | <b>2 199 963</b> | <b>1 320 980</b> |

Продолжение табл. 11

|                                              |      |           |           |
|----------------------------------------------|------|-----------|-----------|
| 6. Прибыль (20% от полной себестоимости)     | руб. | 439 992   | 264 196   |
| 7. Оптовая цена                              | руб. | 2 639 955 | 1 585 176 |
| 8. Цена 1 изделия                            | руб. | 1 320     | 793       |
| 9. Штучно-калькуляционное время изготовления | мин. | 164       | 45        |
| 10. Количество оборудования                  | шт.  | 3         | 1         |
| 11. Число рабочих смен                       | шт.  | 2         | 2         |
| 12. Численность основных рабочих             | чел. | 6         | 2         |
| 13. Годовой экономический эффект             |      |           | 161 717   |

Годовой экономический эффект рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (C_1 + E_H \cdot K_1) - (C_2 + E_H \cdot K_2),$$

где  $C_1, C_2$  – полная себестоимость по первому и второму варианту ТП, руб;

$E_H = 0,15$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K_1, K_2$  – капитальные вложения по первому и второму варианту ТП, руб.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r &= (2\,199\,963 + 0,15 \cdot 13\,371\,000) - (1\,320\,980 + 0,15 \cdot 20\,309\,000) = \\ &= 161\,717 \text{ руб} \end{aligned}$$

Анализируя технико-экономические показатели, приходим к выводу, что второй вариант технологического процесса изготовления корпуса 189-02 имеет технико-экономические показатели выше, чем первый вариант, годовой экономический эффект составил 161 717 при значительных капитальных затратах, что говорит о необходимости увеличения объема выпуска продукции. Снижение себестоимости позволяет увеличить долю прибыли при сохранении базовой цены. Поэтому второй вариант имеет право на реализацию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте при заданном объеме выпуска изделия – редуктор червячный, детали – корпус 189.05 определен тип производства и форма его организации, рассчитан размер партии запуска. Отработаны конструкции приспособления, корпуса на технологичность. Приведен анализ служебного назначения и технические требования к приспособлению, корпусу. Разработаны методы и средства технического контроля качества приспособления, корпуса. Выбрана заготовка корпуса и метод ее получения. Выбраны методы обработки поверхностей заготовки корпуса. Разработаны два варианта технологического процесса изготовления корпуса и проведен анализ, в результате чего выбран наиболее приемлемый вариант. Рассчитаны припуски на обработку и режимы резания заготовки корпуса. Оформлена техническая документация. В разделе «Технико-экономическое обоснование технологического процесса» на основе рассчитанных экономических показателей был выбран более экономически выгодный вариант техпроцесса.

Рассчитано и спроектировано приспособление для программной обработки для 10 операции. Выбрана система технологической оснастки на ПЭВМ для программной обработки корпуса – универсально-сборное приспособление. Выполнен силовой и точностной расчет приспособления.

Экономический эффект от предложенного внедрения ТП составил 161,7 тыс. руб.

Таким образом, задачи, поставленные в курсовом проекте, выполнены.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **Приложение А**

Схема сборки

## Маршрутная карта слесарно-сборочных работ

## Приложение В

## Заготовка и метод ее получения

| СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА ЗАГОТОВОК |                                              |                                                 |              |                        |                   |         |            |          |  |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|------------------------|-------------------|---------|------------|----------|--|
| Наименование детали                          |                                              | Обозначение детали                              |              | Фамилия проектировщика |                   |         |            |          |  |
| Цапфа поворотного кулака                     |                                              | 006900-230481-00                                |              | Золотов                |                   |         |            |          |  |
| Наименование и марка материала               |                                              |                                                 | Масса детали |                        | Программа выпуска |         |            |          |  |
| Сталь 40Х ГОСТ 4543-73                       |                                              |                                                 | 1.743        |                        | 4500              |         |            |          |  |
| N                                            | Способ получения заготовки                   | Модель                                          | Масса        | ТОЧ-                   | Стоим.            | Стоим.  | Себестоим. |          |  |
| п/п                                          |                                              | обору-<br>дования                               | загот.       | КВ                     | ность             | чернов. | отходов    | получен. |  |
|                                              |                                              |                                                 |              |                        | руб               | руб     | руб        | руб      |  |
| 1                                            | горячая объемная штамповка на молотах и прес | 000M2152                                        | 2.179        | 0.80                   | 16                | 1.02    | 0.011      | 0.88     |  |
| 2                                            | штамповка на горизонтально-ковачных машинах  | 000B1139A<br>000B1141<br>000B1143B<br>000B1145B | 2.051        | 0.85                   | 15                | 0.96    | 0.008      | 0.83     |  |
| 3                                            | ковка                                        | 000M1343<br>000M1345<br>000M1547                | 2.905        | 0.60                   | 19                | 1.36    | 0.029      | 1.18     |  |
| 4                                            | прокат (круг, квадрат)                       |                                                 | 4.358        | 0.40                   | 15                | 2.45    | 0.065      | 0.50     |  |
| 5                                            | прокат (труба)                               |                                                 | 3.486        | 0.50                   | 16                |         | 0.044      | 0.62     |  |

## Межпереходные припуска

## Режимы резания

техпроцесс обработки

Приспособа

## Спецификация

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худобин, Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
2. Худобин, Л.В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, М.А.Белов. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 130 с.
3. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 220 с.
4. Нормирование точности и технические измерения: учебное пособие по курсовой работе / Г. Р. Муслина, Ю. М.Правиков; под общ. ред. проф., д.т.н. Л. В. Худобина. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – 234 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т1 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-у изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение,1986.-656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-у изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение,1985.-496 с.
7. CoroKey®. Просто выбрать. Легко работать. Sandvik Coromant, 2010. – 216 с.
8. Каталог КИРП ЗАЖИМНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, 2018.
9. Худобин, Л.В. Расчет и проектирование специальных средств технологического оснащения в курсовых и дипломных проектах / Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин. – Ульяновск: УлГТУ, 1997. – 64 с.
10. Богданов, В. В. Экономика и организация производства : учебное пособие /В. В. Богданов, В. А. Щепочкин, Т. Н. Рогова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 252 с.
11. Трусова, Л. И. Экономика машиностроительного предприятия : учебное пособие /Л. И. Трусова, В. В. Богданов, В. А. Щепочкин. – Ульяновск : УлГТУ,2011. – 200 с.