

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных

производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка технологического процесса изготовления фланца червячного редуктора

Студент(ка)

Каменских О.И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Логинов Н.Ю.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Степаненко А.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Виткалов В.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Н.Ю. Логинов

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

В работе выполнен технологический процесс изготовления фланца червячного редуктора. Выполнено обоснование выбора метода получения и спроектирована заготовка. Разработанная технология оснащена современными технологическими средствами. Спроектирован режущий инструмент на одну из операций технологического процесса.

На Токарную чистовую операцию 015 спроектировано станочное приспособление с автоматическим приводом.

На 030 Сверлильную операцию разработан режущий инструмент.

Графическая часть работы состоит из 7 листов формата А1, пояснительная записка содержит 59 страниц.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| АННОТАЦИЯ  | 4    |
| ВВЕДЕНИЕ   | 6    |
| 1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ                             | 7    |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ                         | 10   |
| 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ             | 30   |
| 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА                  | 35   |
| 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО<br>ОБЪЕКТА | 37   |
| 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ                   | 45   |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ   | 49   |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ                         | 50   |
| ПРИЛОЖЕНИЯ   | 53   |

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение – важнейшая отрасль промышленности. Темпы роста промышленности и переоснащения их новой техникой зависят от степени развития машиностроения.

В машиностроении технический прогресс характеризуется не только улучшением конструкций различных машин, но и постоянным совершенствованием технологий их изготовления. Сегодня важно качественно, дешево и в заданное время с малыми затратами овеществлённого и живого труда произвести машину, применив современное высокопроизводительное оборудование, технологическую оснастку, режущий инструмент, средства автоматизации и механизации производства. От выбранной технологии производства зависят надёжность и долговечность работы производимых машин, а также их работа при эксплуатации. Модернизация технологии машиностроения определяется требованиями производства машин. Наряду с этим развитие новых инновационных технологических процессов способствует конструированию более современных машин, уменьшению их себестоимости и снижению затрат на их производство.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления фланца червячного редуктора с заданным качеством, согласно современному состоянию науки и техники.

# 1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Назначение и условия работы детали.

Фланец с одной стороны является опорой вала, с другой стороны переходником с корпуса редуктора.

## 1.2 Классификация поверхностей детали.

Для анализа классификации поверхностей пронумеруем их и представим на рисунке 1.1.

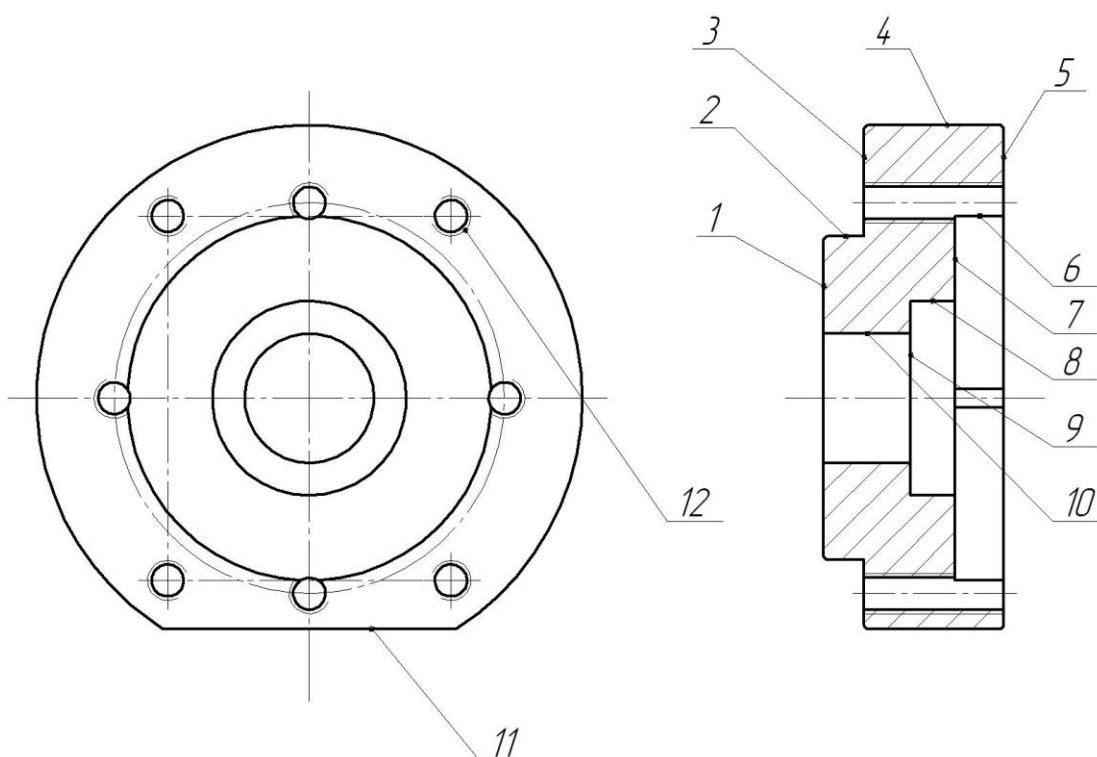


Рисунок 1.1 - Классификация поверхностей детали

Результаты классификации занесем в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей

| Тип поверхности                   | Номер поверхности |
|-----------------------------------|-------------------|
| Исполнительные поверхности        | 8                 |
| Основные конструкторские базы     | 2, 3              |
| Вспомогательные конструктор. базы | 1, 5, 12          |
| Свободные поверхности             | остальные         |

Исполнительными поверхностями являются внутренняя цилиндрическая поверхность 8, являющаяся опорой для установки подшипника.

Основными конструкторскими базами являются шейка 2 и торец 3.

Вспомогательными конструкторскими базами являются резьбовые поверхности отверстий 12.

Остальные поверхности будут свободными.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали.

С помощью литературного источника [2] проанализируем состав и физико-механические свойства материала детали стали 40X. Данные приведены в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Химический состав стали 40X ГОСТ 4543-71

| Химический элемент | Содержание    |
|--------------------|---------------|
| C (углерод)        | 0,36...0,44 % |
| Si (кремний)       | 0,17...0,37 % |
| Mn (марганец)      | 0,5...0,8 %   |
| Ni (никель)        | до 0,3 %      |
| P (фосфор)         | до 0,035 %    |
| S (сера)           | до 0,035 %    |
| Cr (хром)          | 0,8...1,1 %   |
| Cu (медь)          | до 0,3 %      |
| Fe (железо)        | остальное     |

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 40X

| $\sigma_T$ | $\sigma_B$ | $\delta_5$ | KCU                | НВ       |
|------------|------------|------------|--------------------|----------|
| МПа        | МПа        | %          | Дж/см <sup>2</sup> | не более |
| 785        | 980        | 10         | 590                | 179      |

Химический состав и механические свойства материала позволяют обеспечить нормальную функцию детали в узле. Материал является недефицитным.

Заготовку можно получить или методом проката, или штамповкой на горизонтально-ковочной машине. В этих случаях конфигурация заготовки достаточно элементарна.

Конструкция детали в целом обеспечивает доступность инструмента к обрабатываемым поверхностям при всяком виде мехобработки. Это позволяет нам использовать в основном стандартный, а иногда унифицированный тип инструментов.

В результате проведения анализа можно сделать вывод о достаточной технологичности детали.

#### 1.4 Формулировка задач работы.

На базе анализа технических требований к детали сформулируем последующие задачи работы, которые необходимо решить для достижения цели работы, сформулированной во введении – разработка технологического процесса изготовления фланца червячного редуктора с заданным качеством, используя современное состояние науки и техники: определим тип машиностроительного производства; выработаем стратегию проектирования технологического процесса; выполним технико-экономический расчет метода получения заготовки; разработаем технологический план обработки детали, разработав схемы базирования; выберем средства технологического оснащения на каждую операцию техпроцесса; рассчитаем на одну поверхность припуски по операциям техпроцесса, а на остальные – назначим табличным способом; рассчитаем режимы резания и определим содержание операций, спроектируем наладки; на одну из операций техпроцесса спроектируем режущий инструмент; для одной из операций спроектируем станочное приспособление.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Технология изготовления деталей определяется типом производства, в котором эти детали будут производиться.

### 2.1 Определение типа производства.

Стратегия разработки технологического процесса зависит от типа производства, который при прочих неизвестных условиях зависит от массы детали и объема выпуска деталей в год. В нашем случае при  $m = 3,25$  кг и  $N_r = 5000$  деталей в год выберем тип производства по таблице. [2]

Исходя из того, что годовой объем выпуска равен  $N_r = 5000$  деталей в год, а масса детали  $m = 3,25$  кг, то тип производства определяется как среднесерийное.

### 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

Для среднесерийного типа производства принимаем такую стратегию разработки техпроцесса, чтобы обеспечить заданный выпуск деталей с требуемым качеством и наименьшими затратами.

Руководствуясь [3], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса: заготовка – прокат или штамповка на ГКМ; повторяемость изделий – периодическая повторяемость партий; форма организации техпроцесса – переменнo-поточная; припуск на обработку – незначительный; оборудование – специализированное с ЧПУ или универсальное; расчет припусков – подробный по переходам.

Остальные параметры разработки техпроцесса берем по [3].

### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Тип детали, ее материал и форма определяют метод получения заготовки. Данный тип заготовки рациональным способом можно получить



прокатом или штамповкой. Оба способа позволяют получить заготовку необходимого качества.

Проведем технико-экономический анализ получения заготовки для заданной детали прокатом и штамповкой. [4]

Первым методом при сравнении наиболее подходящих по технико-экономическим показателем принимаем штамповку. Класс сложности штамповки выбираем 2. Принимаем класс точности штамповки 3. При таком методе заготовительного производства определим массу методом трехмерного моделирования в программе КОМПАС-3D. В результате моделирования определили массу штамповки  $m = 4,41$  кг. Принимаем стоимость одного килограмма штамповок  $C_{\text{ша}} = 0,315$  руб.; стоимость одного килограмма стружки  $\tilde{N}_{\text{ш}} = 0,0144$  руб.

Вторым методом при сравнении наиболее подходящих по технико-экономическим показателем принимаем прокат, размером  $\text{Ø}140 \times 49,5$  мм. При этом методе заготовительного производства также будем определять массу методом трехмерного моделирования в программе КОМПАС-3D. В результате моделирования определили массу проката  $m = 5,96$  кг. Принимаем стоимость одного килограмма проката  $C_{\text{пр}} = 0,115$  руб.; стоимость одного килограмма стружки  $\tilde{N}_{\text{ш}} = 0,0144$  руб.

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке [4].

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.1)$$

где  $C_c = 0,505 \text{руб/кг}$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,115 \text{руб/кг}$ . [4].

Далее по формуле (2.1) имеем:

$$C_{\text{мех}} = 0,505 + 0,15 \cdot 1,115 = 0,6723 \text{руб/кг}.$$

Рассчитаем стоимость срезания одного килограмма стружки с заготовки, полученной штамповкой [4].

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n, \quad (2.2)$$

где  $C_{\text{шт}} = 0,315 \text{руб}$ ;  $k_T = 0,9$ ;  $k_c = 0,84$ ;  $k_b = 1,14$ ;  $k_M = 1,0$ ;  $k_n = 1,0$ . [4]

Тогда по формуле (2.2) имеем:

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из штамповки [4].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{шт} + C_{мех} (Q_{шт} - q) - C_{отх} (Q_{шт} - q), \quad (2.3)$$

где  $Q_{шт} = 4,41 \text{ кг}$ ;  $q = 3,25 \text{ кг}$ ;  $C_{отх} = 0,0144 \text{ руб/кг}$ . [4]

Тогда по (2.3) имеем:

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 4,41 + 0,6723 (4,41 - 3,25) - 0,0144 (4,41 - 3,25) = 1,9605 \text{ руб.}$$

Дальше определим себестоимость изготовления детали из проката [4].

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех} (Q_{пр} - q) - C_{отх} (Q_{пр} - q), \quad (2.4)$$

где  $Q_{пр} = 5,96 \text{ кг}$ .

Исходя из зависимости (2.4) имеем:

$$C_{ми} = 0,2219 \cdot 5,96 + 0,6723 (5,96 - 3,25) - 0,0144 (5,96 - 3,25) = 3,1054 \text{ руб.}$$

Следовательно, по себестоимости изготовления заготовки более экономичным является метод штамповки.

Годовая экономия при этом будет равна:

$$\mathcal{E}_2 = C_{пр} - C_{шт} N_2 = 1,1054 - 1,9605 \cdot 3000 = 5724,5 \text{ руб.}$$

## 2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

В зависимости от необходимого качества обработки поверхностей, которое в свою очередь определяется качеством точности IT и шероховатостью Ra, определим методы обработки поверхностей и сведём их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

| № поверхности | Квалитет точности | Шероховатость Ra | Последовательность обработки                                   |
|---------------|-------------------|------------------|--|
| 1             | 14                | 6,3              | Токарная черновая,<br>Токарная чистовая                        |
| 2, 8          | 7                 | 0,8              | Токарная черновая,<br>Токарная чистовая,<br>Круглошлифовальная |

## Продолжение табл. 2.1

|                |    |     |  |
|----------------|----|-----|--|
|                |    |     | черновая,<br>Круглошлифовальная<br>чистовая                    |
| 3              | 14 | 1,6 | Токарная черновая,<br>Токарная чистовая,<br>Круглошлифовальная |
| 4, 5, 7, 9, 10 | 14 | 6,3 | Токарная черновая,<br>Токарная чистовая                        |
| 6              | 11 | 3,2 | Токарная черновая,<br>Токарная чистовая                        |
| 11             | 14 | 6,3 | Фрезерная  |
| 12             | 10 | 6,3 | Сверлильная,<br>Резьбонарезная                                 |

## 2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

В зависимости от методов обработки поверхностей выполним маршрут обработки, представленный в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Маршрут обработки детали

| № оп. | Наименование операции | Номера обрабатываемых поверхностей | IT | Ra   |
|-------|-----------------------|------------------------------------|----|------|
| 000   | Заготовительная       | Все                                | 16 | 40   |
| 005   | Токарная черновая     | 1, 3, 10                           | 14 | 12,5 |
|       |                       | 2                                  | 12 | 12,5 |
| 010   | Токарная черновая     | 4, 5, 7, 9                         | 14 | 12,5 |
|       |                       | 6, 8                               | 12 | 12,5 |
| 015   | Токарная чистовая     | 1, 10                              | 14 | 6,3  |
|       |                       | 3                                  | 14 | 3,2  |
|       |                       | 2                                  | 9  | 3,2  |
| 020   | Токарная чистовая     | 4, 7, 9                            | 14 | 6,3  |
|       |                       | 5                                  | 14 | 3,2  |
|       |                       | 6                                  | 11 | 3,2  |
|       |                       | 8                                  | 9  | 3,2  |
| 025   | Фрезерная             | 11                                 | 14 | 6,3  |

|     |                         |    |    |     |
|-----|-------------------------|----|----|-----|
| 030 | Сверлильная             | 12 | 10 | 6,3 |
| 040 | Торцекруглошлифовальная | 2  | 8  | 1,6 |
|     | черновая                | 3  | 14 | 1,6 |
| 045 | Внутришлифовальная      | 8  | 8  | 1,6 |
|     | черновая                |    |    |     |
| 050 | Круглошлифовальная      | 2  | 7  | 0,8 |
|     | чистовая                |    |    |     |
| 055 | Внутришлифовальная      | 8  | 7  | 0,8 |
|     | чистовая                |    |    |     |

### 2.6 Определение припусков.

В этом разделе определяем припуск на поверхность 2, имеющую размер  $\varnothing 80h7(-_{0,03})$  расчетно-аналитическим методом. Технологический маршрут обработки этой поверхности состоит из черного точения, чистового точения, термообработки, черного шлифования и чистового шлифования.

Исходные данные:

$$D = 80h7(-_{0,03}); L = 7 \text{ мм}; Ra = 0,8 \text{ мкм.}$$

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o.$$

Определим суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе из зависимости  $\Delta = 0,25 \cdot Td$  :

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,2 = 0,550, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,350 = 0,0288, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,087 = 0,022, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,140 = 0,035, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,054 = 0,014, \text{ мм.}$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,030 = 0,008, \text{ мм.}$$

Определим установочную погрешность заготовки  $\varepsilon$  в станочном приспособлении на каждом переходе.

Определим минимальные значения припусков для каждого перехода, кроме 0 и ТО.

Минимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{a_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}.$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{a_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,550^2 + 0,025^2} = 0,951, \text{ мм}.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{a_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,088^2 + 0} = 0,288, \text{ мм}.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{a_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,035^2 + 0^2} = 0,135, \text{ мм}.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{a_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,014^2 + 0} = 0,064, \text{ мм}.$$

Максимальное значение припуска рассчитаем из зависимости

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(d_{i-1} + Td_i).$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(d_0 + Td_1) = 0,951 + 0,5(2,200 + 0,350) = 2,226, \text{ мм}.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(d_1 + Td_2) = 0,288 + 0,5(0,350 + 0,087) = 0,507, \text{ мм}.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(d_2 + Td_3) = 0,135 + 0,5(0,087 + 0,054) = 0,206, \text{ мм}.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(d_3 + Td_4) = 0,064 + 0,5(0,054 + 0,030) = 0,106, \text{ мм}.$$

$$d_{4\min} = 79,970, \text{ мм}.$$

$$d_{4\max} = 80,000 \text{ мм}.$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 80,000 + 2 \cdot 0,064 = 80,128, \text{ мм}.$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 80,128 + 0,054 = 80,182, \text{ мм}.$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 80,182 + 2 \cdot 0,135 = 80,452, \text{ мм}.$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 80,452 + 0,140 = 80,592, \text{ мм}.$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 80,592 \cdot 0,999 = 80,511, \text{ мм}.$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 80,511 + 0,087 = 80,598, \text{ мм}.$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 80,598 + 2 \cdot 0,288 = 81,174, \text{ мм}.$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 81,174 + 0,350 = 81,524, \text{ мм} .$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 81,524 + 2 \cdot 0,951 = 83,426, \text{ мм} .$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 83,426 + 2,200 = 85,626, \text{ мм} .$$

Определим средние значения диаметров на каждый переход

$$d_{cpi} = 0,5(d_{i\max} + d_{i\min}) .$$

$$d_{cp0} = 0,5(d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(85,626 + 83,426) = 84,526, \text{ мм} .$$

$$d_{cp1} = 0,5(d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(81,524 + 81,174) = 81,349, \text{ мм} .$$

$$d_{cp2} = 0,5(d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(80,598 + 80,511) = 80,555, \text{ мм} .$$

$$d_{cpTO} = 0,5(d_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(80,592 + 80,452) = 80,522, \text{ мм} .$$

$$d_{cp3} = 0,5(d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(80,182 + 80,128) = 80,155, \text{ мм} .$$

$$d_{cp4} = 0,5(d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(80,000 + 79,970) = 79,985, \text{ мм} .$$

Определим общий припуск

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} .$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}) .$$

$$2Z_{\min} = 83,426 - 80,000 = 3,426, \text{ мм} .$$

$$2Z_{\max} = 3,426 + 2,200 + 0,030 = 5,656, \text{ мм} .$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,426 + 5,656) = 4,541, \text{ мм} .$$

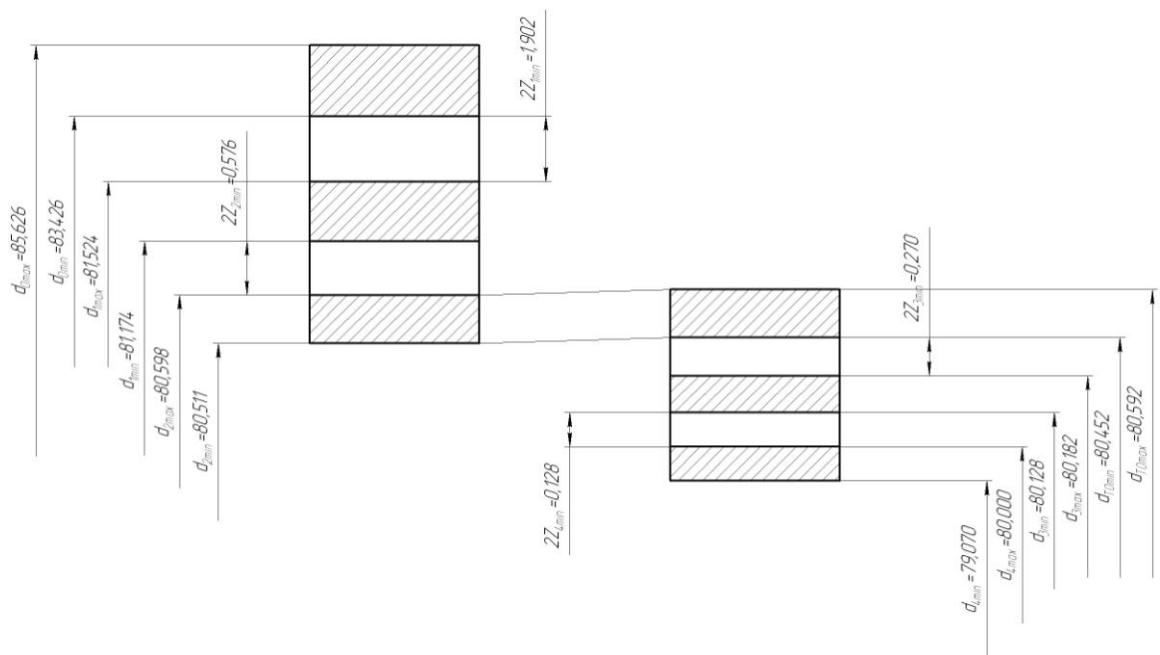


Рисунок 2.1 - Схема расположения полей допусков и припусков.

## 2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки, выполненной методом штамповки, будем учитывать надлежащие пункты:

- 1) припуски для обработки;
- 2) черновые базы;
- 3) требования, предъявляемые к степени точности;
- 4) уклоны штамповки.

По ГОСТ 7505-89 [6] для нашей заготовки выбираем:

- 1) По [6] принимаем группу стали М2.
- 2) Штамповка на горячековочной машине относится к классу точности Т3.

3) Определим степень сложности:

$$G_{II} = 4,4 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 5,96 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{II}}{G_{\Phi}} = \frac{4,41}{5,96} = 0,74.$$

Степень сложности заготовки-штамповки по данному показателю оцениваем, как С1.

4) Определяем исходный индекс штамповки для необходимости назначения допускаемых отклонений, допусков и припусков.

Исходный индекс заготовки по ГОСТ 7505-89 [6] принимаем, как 12.

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения.

Для технологического обеспечения техпроцесса оборудованием преимущественно необходимо применять станки, оснащенные системой числового программного управления.

Для токарных операций 005, 010, 015 и 020 принимаем токарный станок с числовым программным управлением горизонтальной компоновки с направляющими качения модели SAMAT-400XC.

Для фрезерной операции 025 выберем фрезерный вертикальный консольный станок модели 6P13Ф3 с системой числового программного управления CNC.

Для сверлильной операции 030 выберем вертикально-сверлильный станок с револьверной головкой и крестовым столом модели 2P135Ф2-1, оснащенный системой числового программного управления.

Для торцекруглошлифовальной операции 040 выбираем станок с двухкоординатной системой числового программного управления CNC модели ХШ4-104Ф20.

Для внутришлифовальной черновой операции 045 выберем полуавтомат внутришлифовальный универсальный высокой точности модели 3M227ВФ2, оснащенный системой числового программного управления.

Для 050 круглошлифовальной операции выбираем круглошлифовальный прецизионный станок с устройством числового программного управления модели 3M151Ф2.

Для внутришлифовальной чистовой операции 045 выберем полуавтомат внутришлифовальный универсальный высокой точности модели 3M227ВФ2, оснащенный системой числового программного управления.



Выбранное технологическое оборудование, режущий инструмент, средства контроля и технологическая оснастка представлены в сопроводительной документации к технологическому процессу, находящейся в приложениях.

## 2.9 Расчёт режимов резания.

2.9.1 Определим режимы обработки для операции 005 - Токарная черновая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,0\text{мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3\text{мм/об}$ . [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 140} = 409,5\text{мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 400\text{мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 400}{1000} = 175,8\text{м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120\text{мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{68}{120} = 0,57\text{мин}.$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,0\text{мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3\text{мм/об}$ . [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 31,4} = 1825,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 1600 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 31,4 \cdot 1600}{1000} = 157,8 \text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1600 = 480 \text{ мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{26}{480} = 0,05 \text{ мин}.$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,57 + 0,05 = 0,62$$

2.9.2 Определим режимы обработки для операции 010 - Токарная черновая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,0 \text{ мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$ . [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 135,6} = 422,7 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 400 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 135,6 \cdot 400}{1000} = 170,3 \text{ м/мин}.$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120 \text{ мм/мин}.$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{59}{120} = 0,49 \text{ мин}.$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 2,0\text{мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,3\text{мм/об} . [11]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 ,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0 . [11]$

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 89,4} = 641,2 \text{ мин}^{-1} .$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 89,4 \cdot 630}{1000} = 176,9 \text{ м/мин} .$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин} .$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{54}{189} = 0,29 \text{ мин} .$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,49 + 0,29 = 0,78 , \text{ мин} .$$

2.9.3 Определим режимы обработки для операции 015 - Токарная.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,5\text{мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,3\text{мм/об} . [11]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 ,$$

где  $V_0 = 180; K_1 = 1,0; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0 . [11]$

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180\text{м/мин}$ .

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 79} = 725,6 \text{ мин}^{-1} .$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 79 \cdot 630}{1000} = 156,3 \text{ м/мин} .$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 630 = 189 \text{ мм/мин} .$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{189} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3 \text{ мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [11]}$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 135,6} = 422,7 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 400 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 135,6 \cdot 400}{1000} = 170,3 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{41}{80} = 0,51 \text{ мин.}$$

Переход 3.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3 \text{ мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об. [11]}$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 32} = 1791,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 1600}{1000} = 160,8 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1600 = 320 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{26}{320} = 0,08 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 0,51 + 0,08 = 0,60 \text{ мин.}$$

2.9.4 Определим режимы обработки для операции 020 - Токарная чистовая.

Переход 1.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3 \text{ мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$  [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 135} = 424,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_\phi = 400 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 135 \cdot 400}{1000} = 169,6 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{59}{80} = 0,74 \text{ мин.}$$

Переход 2.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,5 \text{ мм}$  принимаем подачу  $S_0 = 0,3 \text{ мм/об.}$  [11]

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 49} = 1169,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 49 \cdot 1000}{1000} = 153,9 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{2}{200} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 3.

В зависимости от глубины резания  $t = 0,3 \text{ мм}$  принимаем подачу

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.} \quad [11]$$

Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

где  $V_0 = 180$ ;  $K_1 = 1,0$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 1,0$ ;  $K_4 = 1,0$ . [11]

Отсюда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180 \text{ м/мин.}$

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 90} = 636,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n_{\phi} = 630 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 630}{1000} = 178,0 \text{ м/мин.}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{54}{126} = 0,43 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,74 + 0,01 + 0,43 = 1,18, \text{ мин.}$$

2.9.5 Определим режимы обработки для операции 025 - Фрезерная.

Глубина резания  $t = 5,25 \text{ мм}$ .

По [11] выбираем подачу  $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$ .

Подача на оборот

$$S_0 = S_z \cdot z,$$

где  $z = 6$ ;

$$S_0 = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мм/об.}$$

По [11] выбираем скорость резания  $V = 150 \text{ м/мин}$ .

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 50} = 950 \text{ мин}^{-1}.$$

где  $D = 50 \text{ мм}$ .

Из паспорта станка  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

$$V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 1000}{1000} = 157 \text{ м/мин}$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,6 \cdot 1000 = 600 \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \cdot i,$$

$$T_0 = \frac{130 \cdot 2}{600} = 0,44 \text{ мин.}$$

2.9.6 Определим режимы обработки для операции 030 - Сверлильная.

Переход 1.

$$L = L_p + L_{II} + L_d, \quad [11]$$

$$L_{II} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 3 \text{ мм.}$$

$$L = 34,5 + 1 + 3 = 38,5 \text{ мм.}$$

Из условия  $\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1$  принимаем  $T_M = 60 \text{ мин}$ .

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

По [11] выбираем подачу  $S_0 = 0,2 \text{ мм/об}$ .

Скорость резания

$$v = v_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $v_{TAB} = 15 \text{ м/мин}$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 0,95$ . [11].

$$v = 15 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 10,7 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 9} = 378,6 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n = 315 \text{ мин}^{-1}$ .

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 315}{1000} = 8,9 \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 315 = 63, \text{ мм/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{38,5 \cdot 8}{63} = 4,89 \text{ мин.}$$

Переход 2.

$$L = L_p + L_{\Pi} + L_d,$$

[11]

$$L_{\Pi} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_d = 3 \text{ мм.}$$

$$L = 34,5 + 1 + 1 = 36,5 \text{ мм.}$$

Из условия  $\lambda = \frac{L_p}{L_{p.x}} \approx 1$  принимаем  $T_M = 60 \text{ мин.}$

$$T_p = 60 \cdot 1 = 60, \text{ мин.}$$

По [11] выбираем подачу  $S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$

Скорость резания

$$v = v_{TAB} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $v_{TAB} = 5 \text{ м/мин}$ ;  $K_1 = 0,75$ ;  $K_2 = 1,0$ ;  $K_3 = 0,95$ . [11].

$$v = 5 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,95 = 3,7 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 3,7}{3,14 \cdot 10} = 117,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Из паспорта станка  $n = 100 \text{ мин}^{-1}$ .

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 100}{1000} = 3,1 \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ мм/мин.}$$



$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} = \frac{36,5 \cdot 8}{150} = 1,95 \text{ мин.}$$

$$T_0 = \sum T_{0i} = 4,89 + 1,95 = 6,84 \text{ мин.}$$

2.9.7 Определим режимы обработки для операции 040 - Торцекруглошлифовальная.

Диаметр круга – 250,0 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 133,5} = 83,5 \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{УСК}}{S_{УСК}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{ВЫХ},$$

$T_{ВЫХ} = 0,05$ . [11].

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{35}{100} + 0,05 = 0,42 \text{ мин.}$$

2.9.8 Расчёт режимов резания на операцию 045 - Внутришлифовальная черновая.

Диаметр круга – 40,0 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – 6.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 47,9} = 232,7 \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ . [11].

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{10}{100} + 0,05 = 0,17 \text{ мин.}$$

### 2.9.9 Расчёт режимов резания на операцию 050 - Круглошлифовальная.

Диаметр круга – 250,0 мм.

Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К;

Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая);

Структура – б.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 80} = 139,3, \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время определим по формуле

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}},$$

$T_{\text{ВЫХ}} = 0,05$ . [11].

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{8}{100} + 0,05 = 0,15 \text{ мин.}$$

2.9.10 Расчёт режимов резания на операцию 055 - Внутришлифовальная чистовая.

Диаметр круга – 40,0 мм. Материал абразивного зерна – 24А;

Твердость – К; Зернистость – F25;

Связка – V (керамическая); Структура – 6.

Скорость резания  $V = 35 \text{ м/с}$ . [11]

Подача  $S_p = 0,4 \text{ мм/мин}$ . [11].

$V_3 = 35 \text{ м/мин}$ . [11].

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 48} = 232,2 \text{ мин}^{-1}.$$

$$T_0 = \frac{L_{\text{УСК}}}{S_{\text{УСК}}} + \sum \frac{L_{Pi}}{S_{Pi}} + T_{\text{ВЫХ}}, \quad T_{\text{ВЫХ}} = 0,05. \quad [11].$$

$$T_0 = \frac{10}{500} + \frac{10}{100} + 0,05 = 0,17 \text{ мин}.$$

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

#### 3.1 Анализ исходных данных.

На рис. 3.1 представлен эскиз операции.

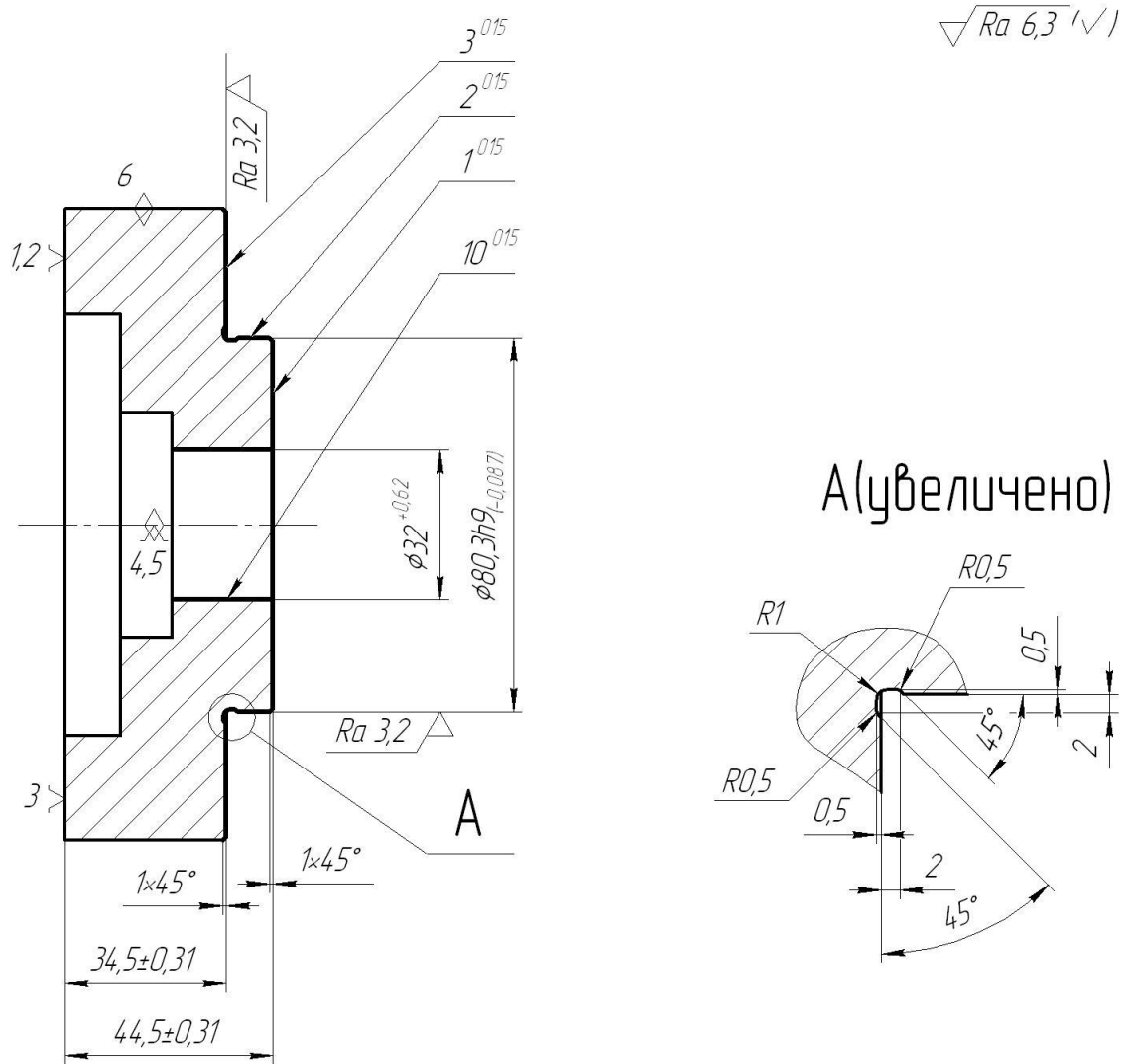


Рисунок 3.1 - Эскиз операции

Содержание операции: выполнить канавку, выдерживая размеры 0,5, R0,5, R1, 2, 45°; точить поверхность 1, выдерживая размер 44,5±0,31; выполнить фаску 1x45°; точить поверхность 2, выдерживая размер  $\phi\ 80,3h9_{(-0,087)}$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер 34,5±0,31;

выполнить фаску  $1 \times 45^\circ$ ; точить поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 32^{(+0,62)}$ .

Материал заготовки - сталь 40Х.

Вид заготовки – штамповка.

Инструмент – резец с твердосплавной пластиной из твердого сплава Т15К6.

Режимы обработки представлены в разделе 2.9.

Расчет будем вести, согласно методике [13].

### 3.2 Расчёт сил резания.

Для последующих расчетов нужно определить составляющие силы резания  $P_Z$  и  $P_Y$ , которые рассчитываются по формуле [13]:

$$P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (3.1)$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 170,3^{-0,3} \cdot 0,9 = 60,3, H$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 170,3^{-0,15} \cdot 0,9 = 112,1, H$$

### 3.3 Расчёт усилия зажима.

Определим крутящий момент от касательной составляющей силы резания, стремящийся провернуть заготовку, зажатую в кулачках:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2}. \quad (3.2)$$

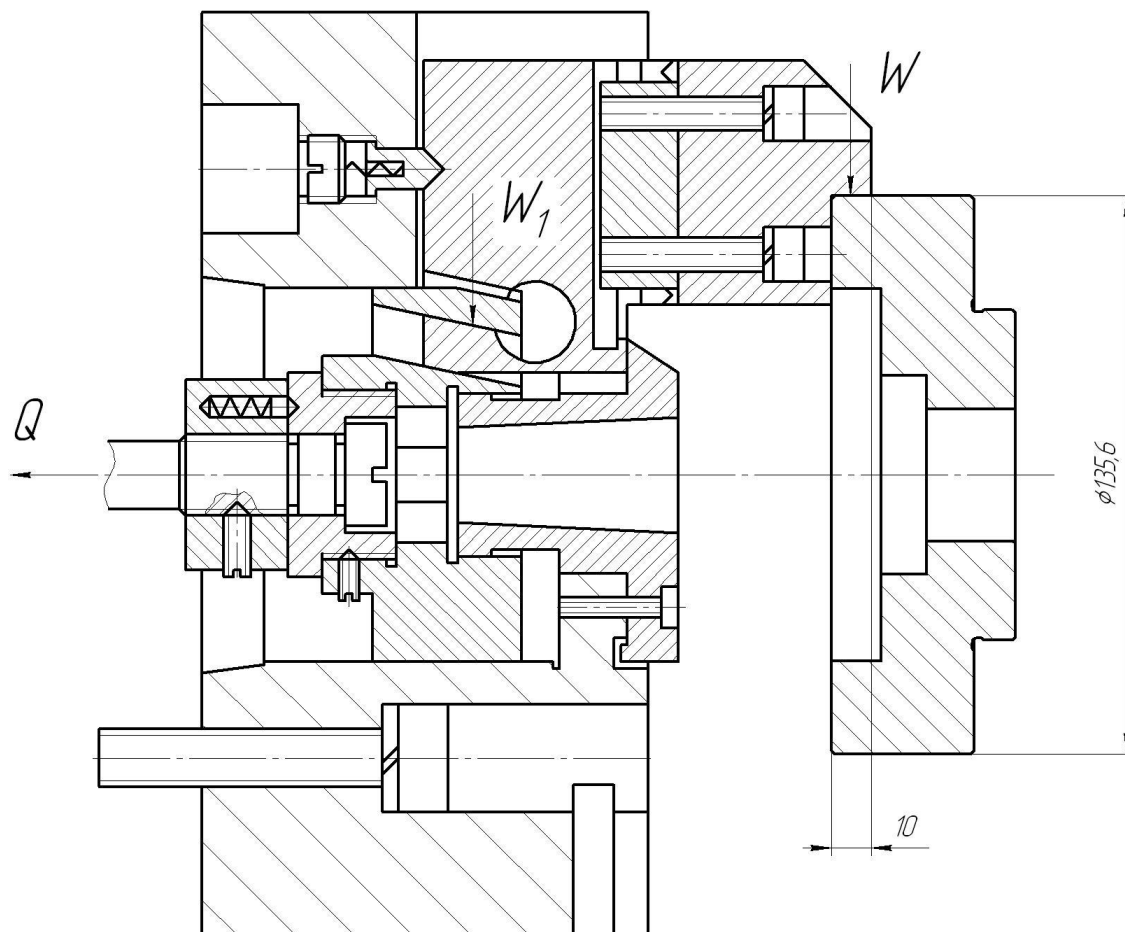


Рисунок 3.2 - Схема сил резания в приспособлении

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2} \quad (3.2)$$

Провороту заготовки препятствует момент силы зажима, рассчитываемый следующим образом:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2} \quad (3.3)$$

где  $W$  - суммарное зажимное усилие, приходящееся на три кулачка, Н.

$f$  - коэффициент трения, зависящий от состояния рабочей поверхности сменного кулачка.

Из равенства  $M_p$  и  $M_3$  рассчитаем необходимое усилие зажима, которое бы препятствовало провороту изделия

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (3.4)$$

где  $K$ —коэффициент запаса, определяемый по формуле:

Величина коэффициента запаса  $K$ , в зависимости от индивидуальных условий выполнения операции, рассчитывается по формуле.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

В нашем случае  $K$  будет равен:

$$K_{pz}=1,80.$$

$$K_{py}=2,52.$$

Коэффициент трения  $f$  между сменным кулачком и заготовкой зависит от характера его рабочей поверхности. При форме кулачковой рабочей поверхности с кольцевыми канавками  $f = 0,3$ . Тогда

$$W = \frac{2 \cdot K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 112,1 \cdot 135,6}{0,3 \cdot 135,6} = 1345,2, \text{ Н.}$$

Сила  $P_y$  стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно оси, создавая момент

$$M_p = P_y \cdot l. \quad (3.6)$$

Этому моменту противостоит крутящий момент от зажимной силы

$$M_3 = T \cdot \frac{2}{3} \cdot d_2, \quad (3.7)$$

Найдем зажимную силу

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_y \cdot l}{f \cdot d_2} = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 60,3 \cdot 10}{0,3 \cdot 135,6} = 56,0, \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем  $W = 1345,2, \text{ Н.}$

Величина зажима  $W_1$  несколько увеличивается по сравнению  $W$ :

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l_k}{H_k} \cdot f}, \quad (3.8)$$

Получим:

$$W = \frac{1345,2}{1 - \frac{62}{80} \cdot 0,1} = 1458,2, \text{ Н.}$$

### 3.4 Расчёт зажимного механизма.

Определим усилие  $Q$ , создаваемое проектируемым силовым приводом, которое зажимным механизмом усиливается и передается кулачкам.

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (3.9)$$

Данное отношение для клинового механизма равно:

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1} \quad [13] \quad (3.10)$$

Получим:

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(5 + 5^{\circ}50') + \operatorname{tg}5^{\circ}50'} = 2,1.$$

Тогда

$$Q = \frac{1458,2}{2,1} = 694,4, \text{ Н.}$$

### 3.5 Расчёт силового привода.

Диаметр поршня пневматического цилиндра найдем по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (3.11)$$

где  $P$ — рабочее давление среды, которое примем  $P=0,4$  МПа.

Для пневмоцилиндра получим:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 694,4}{0,4} + 60^2} = 76,2, \text{ мм.}$$

Для универсализации приспособления принимаем диаметр поршня равным 90 мм.

Конструкция станка позволяет встроить силовой привод с диаметром поршня не более 120 мм. Поэтому, рассчитанные параметры пневматического привода приемлемы.



## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На операции 030 - Сверлильная с ЧПУ выполняется сверление восьми сквозных отверстий  $\varnothing 9$  на длину 34,5 мм. Задачей этого раздела является проектирование режущего инструмента для выполнения отверстий.

Эскиз перехода представлен на рис. 4.1.

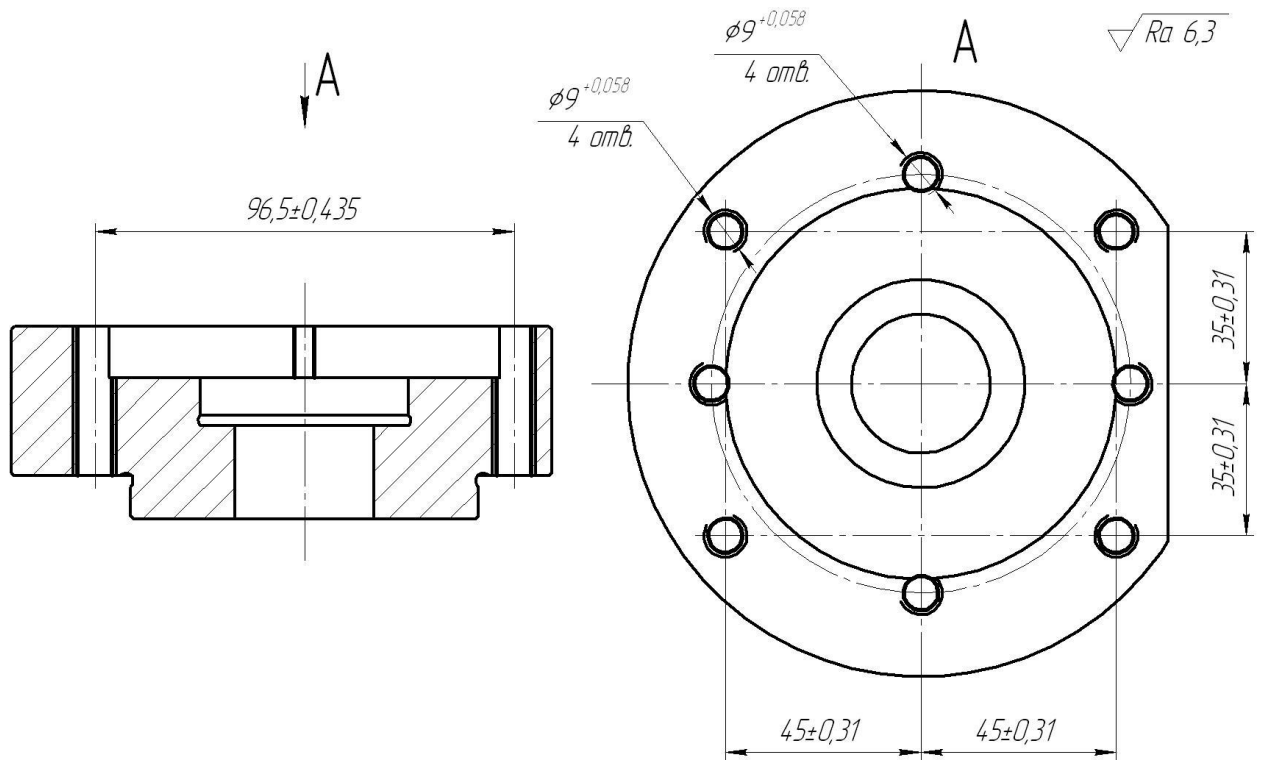


Рисунок 4.1 - Эскиз перехода 1 операции 030

Содержание перехода: сверлить восемь отверстий, выдерживая размеры  $\varnothing 9^{+0,058}$ ,  $45 \pm 0,31$ ,  $35 \pm 0,31$ ,  $96,5 \pm 0,435$ .

Сверло спиральное имеет 2 зуба. Каждый зуб имеет свою вершину, главную и вспомогательную режущие кромки, переднюю поверхность, главную и вспомогательную задние поверхности. Сверло имеет перемычку, которая даёт ему возможность обрабатывать цилиндрические отверстия диаметром до 12 мм в сплошном материале.

Примем передний угол инструмента  $\gamma = 6^\circ$ . [14]

Принимаем задний угол сверла  $\alpha = 12^\circ$ . [16]

Угол при вершине назначают в зависимости от обрабатываемого материала. Для обработки стали  $2\varphi = 116...118^\circ$ .

Принимаем  $2\varphi = 118^\circ$ . [16]

В качестве материала сверла принимаем быстрорежущую сталь Р6М5.

Главное движение при сверлении – вращательное  $D_r$ , движение подачи – поступательное  $D_s$ . Скорость резания измеряется в м/мин на периферии инструмента:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где  $D = 9$  мм – диаметр обрабатываемой поверхности;

$n = 315 \text{ мин}^{-1}$  – частота вращения сверла.

При сверлении под глубиной резания  $t$  подразумевают расстояние от обработанной поверхности до оси сверла

$$t = \frac{D}{2}. \text{ В нашем случае } t = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ мм.}$$

При сверлении осевую силу  $P_0$  (силу подачи) рассчитывают по формуле

$$P_0 = C_p D^{Z_p} S^{y_p} k_p.$$

Сверло состоит из режущей части и хвостовика.

Глубина сверления равна 34,5 мм. С учетом будущих переточек принимаем длину режущей части сверла  $l_p = 50$  мм.

Хвостовик должен осуществлять надёжное крепление инструмента в приспособлении. В связи с этим принимаем хвостовую часть длиной  $l_x = 50$  мм.

Рассчитаем длину всего сверла

$$L = l_p + l_x = 50 + 50 = 100, \text{ мм.}$$

Для увеличения стойкостных характеристик данного инструмента, предлагается нанести на режущую часть износостойкое покрытие TiN методом катодно-ионной бомбардировки. Это мероприятие позволит увеличить стойкость сверла примерно в 2,5 раза.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс изготовления фланца червячного редуктора».

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт технического объекта

| № п/п | Технологическое устройство | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособление       | Материалы, вещества                   |
|-------|----------------------------|---|--|--|---------------------------------------|
| 1     | Точение чистовое           | Операция 015<br>Токарная чистовая               | Оператор станка с ЧПУ  | Станок SAMAT-400XC; токарный поводковый патрон | Сталь 40X; т/с Т15К6; б/р; СОЖ-Волгол |

## 5.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Риски в профессиональной деятельности

| №п/п | Производственная операция, технологическая операция и/или эксплуатационная операция, технологическая операция; вид предлагаемых работ | Производственный вредный и/или опасный фактор  | Источник вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора                               |
|------|---|--|--|
| 1    | Токарная операция   | Высокая температура поверхности оборудования и материалов, движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; высокий шум на рабочем месте | Заготовка детали, металлорежущий инструмент, токарный станок СА500СФ3К оснащенный системой программного управления |

### 5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

| № п/п | Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор | Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора | СИЗ работающего   |
|-------|---|--|---|
| 1     | 2   | 3  | 4   |
| 1     | Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов          | Регламентированная процедура по обучению по охране труда   | Краги брезентовые с двойным наладонником, перчатки «Ангара» |
| 2     | Движущиеся машины и механизмы   | Регламентированная процедура по обучению по охране труда   | Очки защитные «Эталон»                                      |
| 3     | Подвижные части производственного                                     | Регламентированная процедура по  | Очки защитные «Эталон»                                      |

Продолжение таблицы 5.3

| 1 | 2                            | 3                                       | 4               |
|---|------------------------------|---|-----------------|
|   | оборудования                 | обучению по охране труда                |                 |
| 4 | Высокий шум на рабочем месте | Антишумовая обработка участка обработки | Наушники «Кедр» |

5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

Таблица 5.4 – Определение характеристик пожара

| № п/п | Производственный участок и/или производственное подразделение | Используемое оборудование                       | Номер пожара  | Опасные факторы при пожаре                               | Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре       |
|-------|---|---|---|--|--|
| 1     | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  |
| 1     | Участок механической обработки                                | Токарный станок SAMAT-400XC оснащенный системой | Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или | Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание | Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения |

| 1 | 2 | 3                              | 4   | 5                       | 6  |
|---|---|--------------------------------|---|-------------------------|--|
|   |   | программног<br>о<br>управления | плавящихся<br>твердых<br>веществ и<br>материалов<br>(В) | промасленно<br>й ветоши | на<br>токопроводя<br>щие части<br>технологиче<br>ских<br>установок,<br>оборудовани<br>я, агрегатов,<br>изделий и<br>иного<br>имущества |

Таблица 5.5 – Выбор средства пожаротушения

| Средств<br>ва<br>первич<br>ного<br>пожаро<br>тушени<br>я | Средств<br>а<br>мобиль<br>ного<br>пожаро<br>тушени<br>я | Установ<br>ки<br>станции<br>арного<br>пожаро<br>тушени<br>я и/или<br>пожаро<br>тушащи<br>е<br>систем<br>ы | Средств<br>а<br>автомат<br>ики для<br>пожаро<br>тушени<br>я | Оборуд<br>ование<br>для<br>пожаро<br>тушени<br>я | СИЗ для<br>спасения<br>людей    | Инструмент<br>для<br>пожаротуше<br>ния<br>(механизиров<br>анный и<br>немеханизир<br>ованный) | Сигнализ<br>ация,<br>связь и<br>оповещен<br>ие при<br>пожаре |
|--|---|---|---|--|---------------------------------|--|--|
| 1  | 2   | 3   | 4   | 5  | 6                               | 7  | 8  |
| Огнет<br>ушите<br>ли,                                    | Пожар<br>ные<br>автомо                                  | Систе<br>мы<br>пенног   | Техни<br>ческие<br>средств                                  | Напор<br>ные<br>пожар                            | Веревки<br>пожарные<br>карабины | Лопаты,<br>багры,<br>ломы,   | Автомат<br>ические<br>извещат                                |

Продолжение таблицы 5.5

| 1  | 2                                      | 3                          | 4  | 5  | 6   | 7      | 8   |
|--|--|----------------------------|--|--|---|--------|-----|
| ящики<br>с<br>песко<br>м,<br>пожар<br>ные<br>краны | били и<br>пожар<br>ные<br>лестни<br>цы | о<br>пожар<br>отуше<br>ния | ва<br>опове<br>щения<br>и<br>управл<br>ения<br>эвакуа<br>цией,<br>прибор<br>ы<br>прием<br>но-<br>контро<br>льные | Ные<br>рукава<br>и<br>рукавн<br>ые<br>развет<br>вления | пожарные<br>противога<br>зы,<br>респирато<br>ры | топоры | ели |

Таблица 5.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

| Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта | Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий | Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты |
|---|--|--|
| 1   | 2  | 3  |
| Точение   | Хранение ветоши в негоряемых ящиках;<br>Применение плавких предохранителей или             | Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей,<br>противопожарные           |



| 1 | 2  | 3  |
|---|--|--|
|   | автоматов<br>в<br>электроустановках<br>станков | инструктажи<br>в<br>соответствии с графиком,<br>обеспечение средствами<br>пожаротушения,<br>обеспечение безопасности<br>проведения огневых работ |

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 5.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

| 1  | 2  | 3  | 4   | 5   |
|--|--|--|---|---|
| Название<br>технического<br>объекта<br>и/или<br>производственного<br>техпроцесса | Структурные<br>элементы<br>технического<br>объекта и/или<br>производственного<br>техпроцесса<br>(производственного<br>сооружения или<br>производственного<br>здания по<br>функциональному<br>назначению,<br>операций<br>техпроцесса,<br>технического<br>оборудования). | Экологическое<br>негативное<br>воздействие<br>рассматриваемого<br>технического<br>объекта на<br>атмосферу<br>(опасные и<br>вредные<br>выбросы в<br>воздух) | Экологическое<br>негативное<br>воздействие<br>рассматриваемого<br>технического<br>объекта на<br>гидросферу<br>(забор воды из<br>источников<br>водяного<br>снабжения,<br>сточные воды) | Экологическое<br>негативное<br>воздействие<br>рассматриваемого<br>технического<br>объекта на<br>литосферу (недра,<br>почву, забор<br>плодородной<br>почвы,<br>растительный<br>покров, порча<br>растительного<br>покрова,<br>землеотчуждение<br>и образование<br>отходов и т.д.) |
| 1  | 2  | 3  | 4   | 5   |

| 1       | 2  | 3                  | 4                                  | 5   |
|---------|--|--------------------|------------------------------------|---|
| Точение | Токарный станок SAMAT-400XC, оснащенный системой ЧПУ | Пыль металлическая | Взвешенные вещества и нефтепродукт | Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах |

Таблица 5.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

| Название технического объекта  | Точение  |
|--|--|
| Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу  | Модернизация фильтрующих элементов в вытяжных трубах                           |
| Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу | Модернизация фильтрующих элементов канализационных сетей и очистных сооружений |
| Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу  | Соблюдение регламентированных процедур, связанных с отходами производства.     |

### 5.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

В настоящем разделе проанализирован технологический процесс изготовления фланца. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности. Разработаны меры по сохранению экологии и окружающей среды.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса (базового и проектного) и определение экономической эффективности проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 6.1.

Таблица 6.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

| Базовый вариант  | Проектируемый вариант  |
|--|--|
| <b>Операция 015 – Токарная чистовая</b>  |  |
| <p><u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, модель SAMAT-400XC.</p> <p><u>Оснастка</u> – станочное приспособление с механическим зажимом.</p> <p><u>Инструмент</u> – резец токарный<br/><math>T_o = 0,6</math> мин</p>   | <p><u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, модель SAMAT-400XC.</p> <p><u>Оснастка</u> – станочное приспособление с автоматическим зажимом.</p> <p><u>Инструмент</u> – резец токарный<br/><math>T_o = 0,6</math> мин</p>   |
| <b>Операция 030 – Сверлильная</b>  |  |
| <p><u>Оборудование</u> – сверлильный станок с ЧПУ, модель 2P135Ф2-1.</p> <p><u>Оснастка</u> – станочное приспособление.</p> <p><u>Инструменты</u> – сверло Ø9 и метчик машинный М5, изготовленные из быстрорежущей стали.<br/><math>T_o = 4,89</math> мин – сверление;<br/><math>T_o = 1,95</math> мин – нарезание резьбы.</p> | <p><u>Оборудование</u> – сверлильный станок с ЧПУ, модель 2P135Ф2-1.</p> <p><u>Оснастка</u> – станочное приспособление.</p> <p><u>Инструменты</u> – сверло Ø9 из быстрорежущей стали с покрытием TiN, увеличивающим стойкость сверла в 2 раза, а также метчик машинный М5 из быстрорежущей стали.<br/><math>T_o = 4,89</math> мин – сверление;<br/><math>T_o = 1,95</math> мин – нарезание резьбы.</p> |

Описанные, в таблице 6.1, условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые

для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо знание следующих величин:

- программа выпуска изделия, равная 5000 шт.;
- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом техпроцесса не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;
- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;
- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [23], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 6.1.

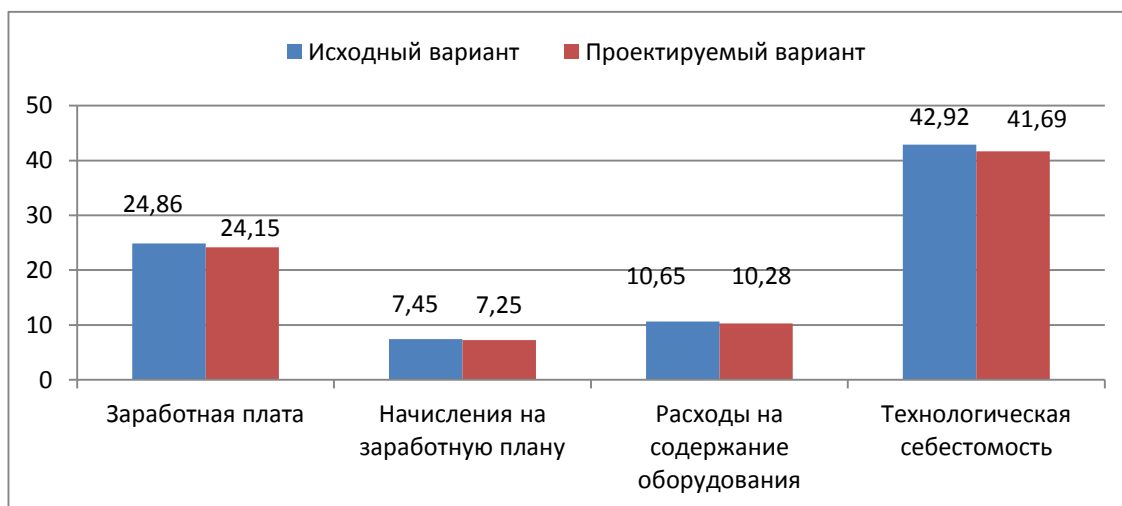


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по всем расходам, связанным с производством детали. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [23], данная величина составила 40239,4 руб., в состав которой входят затраты на инструмент, приспособление и проектирование.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [23], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

| № | Наименование показателей          | Условное обозначение, единица измерения           | Значение показателей |     |
|---|-----------------------------------|---|----------------------|-----|
| 1 | Полная себестоимость              | $S_{\text{полн}}$ , руб.                          | 133,7                | 130 |
| 2 | Чистая прибыль                    | $P_{\text{чист}}$ , руб.                          | 14800                |     |
| 3 | Срок окупаемости инвестиций       | $T_{\text{ок}}$ , лет                             | 4                    |     |
| 4 | Общий дисконтированный доход      | $D_{\text{общ. диск}}$ , руб.                     | 46901,2              |     |
| 5 | Интегральный экономический эффект | $\mathcal{E}_{\text{инт}} = \mathcal{ЧДД}$ , руб. | 6661,8               |     |
| 6 | Индекс доходности                 | $ИД$ , руб.                                       | 1,17                 |     |

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно: получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 6661,8 руб.; рассчитано значение срока окупаемости – 4 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия; и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,17 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнен технологический процесс изготовления фланца червячного редуктора, сделан технико-экономический анализ и спроектирована заготовка, рассчитаны припуски на одну из поверхностей детали, техпроцесс оснащен современными технологическими средствами.

На Токарную чистовую операцию 015 спроектировано станочное приспособление с автоматическим приводом. На эту операцию разработана технологическая наладка.

На 030 Сверлильную операцию разработан режущий инструмент. Эта операция представлена на технологической наладке.

Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

В работе выполнен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с.
2. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 с.
4. Звонцов, И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. — Электрон. дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 179 с.
5. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.
6. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
7. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
8. Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.



10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
11. Режимы резания металлов: Справочник / Ю.В. Барановский, Л.А. Брахман, А.И. Гдалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
12. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.
13. Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки : учеб. для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе, И. А. Коротков. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 431 с.
14. Кожевников, Д.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебник / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. - Электрон. дан. - М. : Машиностроение, 2014. — 520 с.
15. Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с.
16. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 541 с.
17. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.
18. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
19. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф.

"Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.

20. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. Том 1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.

21. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 2. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 960 с.

22. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 3. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2006. — 928 с.

23. Зубкова, Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 123 с.

24. Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

25. Горина, Л. Н., Фесина, М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина, М.И. Фесина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 51с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ













