

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
Профиль «Технология машиностроения»

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ

|              |                |                  |
|--------------|----------------|------------------|
| Студент(ка)  | П.В. Лебедев   |                  |
|              | (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
| Руководитель | Н.Ю. Логинов   |                  |
|              | (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
| Консультанты | Л.Н. Горина    |                  |
|              | (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
|              | Н.В. Зубкова   |                  |
|              | (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |
|              | В.Г. Виткалов  |                  |
|              | (И.О. Фамилия) | (личная подпись) |

## Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой  
к.т.н, доцент \_\_\_\_\_ А.В. Бобровский  
(личная подпись)

«                  » 2016 г.

# Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Бобровский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы  
(уровень бакалавра)**

**направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»**  
**профиль «Технология машиностроения»**

Студент Лебедев Павел Валериевич гр. ТМбз-1101

1. Тема Технологический процесс изготовления промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 4000 шт в год; режим работы участка – двухсменный

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

*Титульный лист.*

*Задание. Аннотация. Содержание.*

*Введение, цель работы*

*1) Описание исходных данных*

*2) Технологическая часть работы*

*3) Проектирование приспособления и режущего инструмента*

*4) Безопасность и экологичность технического объекта*

*5) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список использованных источников.*

*Приложения: технологическая документация*

## АННОТАЦИЯ

Лебедев П.В. Технологический процесс изготовления промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию технологического процесса изготовления промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ. В работе рассмотрены вопросы посвященные анализу исходных данных, проектированию заготовки, разработке маршрута изготовления и плана изготовления детали, выбору средств технологического оснащения, а также проектированию технологических операций. Кроме того, проведено проектирование приспособлений и режущего инструмента. Также проведены оценка безопасности и экологичности технического объекта и экономической эффективности работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение, цель работы.....                                                                        | 6  |
| 1 Описание исходных данных.....                                                                   | 7  |
| 1.1 Описание служебного назначения детали и условий работы.....                                   | 7  |
| 1.2 Описание технологичности детали.....                                                          | 7  |
| 1.3 Систематизация поверхностей детали.....                                                       | 8  |
| 1.4 Задачи работы.....                                                                            | 9  |
| 2 Технологическая часть работы.....                                                               | 11 |
| 2.1 Выбор стратегии разработки технологического процесса.....                                     | 11 |
| 2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки.....                              | 12 |
| 2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....                                                     | 15 |
| 2.4 Расчет припусков.....                                                                         | 17 |
| 2.5 Проектирование заготовки.....                                                                 | 21 |
| 2.6 Разработка технологического маршрута.....                                                     | 22 |
| 2.7 План обработки.....                                                                           | 23 |
| 2.8 Выбор средств технологического оснащения.....                                                 | 23 |
| 2.9 Проектирование технологических операций.....                                                  | 28 |
| 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента.....                                       | 33 |
| 3.1 Проектирование приспособления .....                                                           | 33 |
| 3.2 Проектирование режущего инструмента.....                                                      | 39 |
| 4 Безопасность и экологичность технического объекта.....                                          | 42 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....                                     | 42 |
| 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков..... | 43 |
| 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....                           | 49 |
| 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....    | 53 |
| 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....             | 57 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»..... | 59 |
| 5 Экономическая эффективность работы.....                                          | 61 |
| Заключение.....                                                                    | 66 |
| Список использованных источников.....                                              | 67 |
| Приложения.....                                                                    | 71 |

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Грануляторы нашли широкое применение для производства гранулированных материалов самого различного назначения, от кормов для животных до топливно-энергетического комплекса. Это объясняется тем, что такая форма материалов очень удобна для транспортировки, использования и хранения.

Технические характеристики гранулятора во многом зависят от используемого привода. В его состав, как правило, входят электродвигатель и редуктор. Рассматриваемая деталь является промежуточным валом-шестерней такого редуктора. Его эксплуатационные характеристики обеспечиваются прежде технологией изготовления. Поэтому основной целью данной выпускной квалификационной работы является обеспечить качество изготовления промежуточного вала-шестерни при минимальных затратах и необходимом объеме выпуска.

# 1 Описание исходных данных

## 1.1 Описание служебного назначения детали и условий работы

Рассматриваемая вал-шестерня является промежуточной ступенью редуктора привода гранулятора ОГМ. Основное служебное назначение детали заключается в передаче крутящего момента с входной ступени редуктора на выходную посредством боковых поверхностей зубьев шестерни, выполненной заодно с валом, и боковых поверхностей шлиц.

В процессе эксплуатации вал-шестерня устанавливается в корпусе при помощи двух шарикоподшипников посаженных на его шейки, что обеспечивает нормальные условия работы вала и выполнение им служебного назначения. Кроме того, условия работы во многом зависят от окружающей среды, в которых работает механизм и материалов подвергающихся переработке. В общем случае можно охарактеризовать условия работы вала-шестерни как нормальные.

## 1.2 Описание технологичности детали

Анализ технологичности проводится по методике [1].

Проанализируем материал, из которого изготавливается вал-шестерня - сталь 20Х ГОСТ 4543-71. Химический состав [2]: 0,17-0,23% углерода, 0,7-1% хрома, 0,5-0,8% марганца, до 0,03% фосфора, до 0,04% серы и другие элементы. Прочность  $\sigma_b$  в состоянии поставки до 590 МПа. С точки зрения механической обработки данный материал имеет хорошие характеристики. Обрабатываемость резанием:  $K_o = 0,95$  - коэффициент обрабатываемости при обработке твердосплавным инструментом,  $K_o = 0,85$  - коэффициент обрабатываемости при обработке быстрорежущим инструментом.

Подвергнем анализу конструкцию детали. Конфигурация детали характерная данного типа деталей. Состоит из ступенчатых поверхностей. Фаски, радиусы закруглений, канавки выполнены в соответствии со стандартными. Размеры соответствуют стандартному ряду чисел.

Такие характеристики конструкции вала-шестерни позволят максимально

использовать универсальные средства технологического оснащения.

С точки зрения получения заготовки рассматриваемый вал-шестерня вполне технологичен, т.к. заготовку можно получить как литьем, так и штамповкой на прессе. В обоих случаях форма заготовки достаточно простая, максимально приближена к форме детали.

Механической обработке будут подвержены все поверхности детали, так как заданная точность не позволяет их получить на заготовительных операциях. Характеристики поверхностей вала-шестерни определяются условиями его работы, и изменить их нельзя, т.к. это приведет к негативным последствиям в виде снижения ресурса работы, потерям энергии при работе и т.п. Наличие канавок на детали положительно скажется на обработке, т.к. такое конструктивное решение позволяет разделить поверхности различного назначения.

При механической обработке большое внимание уделяется базированию детали. В данном случае базирование может быть выполнено по типовым схемам. В качестве черновых баз могут быть приняты основные конструкторские базы. В качестве чистовых баз лучше всего применить специально выполненные центровые отверстия.

Из проведенного анализа видно, что с точки зрения технологичности рассматриваемый промежуточный вал-шестерня является типичным представителем данного типа деталей, что положительно скажется на дальнейшем проектировании технологического процесса.

### 1.3 Систематизация поверхностей детали

С целью выявления наиболее ответственных поверхностей проводим их систематизацию по назначению [1]. Особое внимание при обработке следует отдавать основным конструкторским базам и исполнительным поверхностям [3].

Эскиз детали с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 1.1.

В таблице 1.1. представлена классификация поверхностей детали.



Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали

| Вид поверхности                      | Номер поверхности          |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Основная конструкторская база        | 4, 5, 22                   |
| Вспомогательная конструкторская база | 21, 32                     |
| Исполнительная поверхность           | 13, 31                     |
| Свободные поверхности                | Все оставшиеся поверхности |

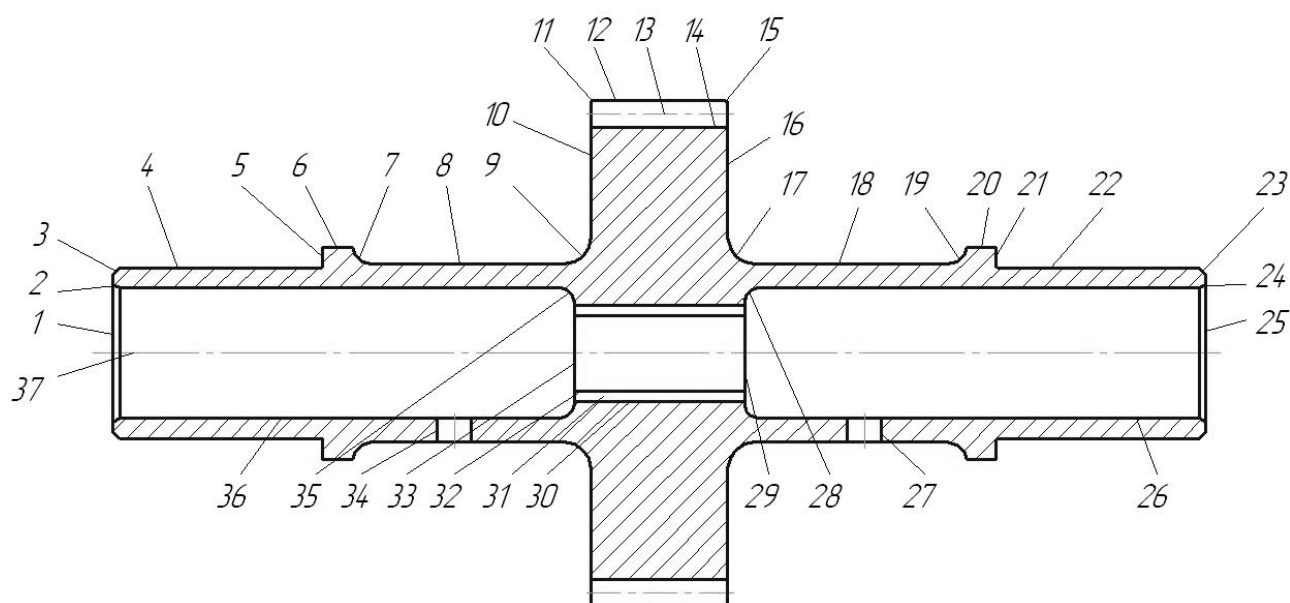


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

#### 1.4 Задачи работы

Проведенный выше анализ позволяет сделать следующие выводы о задачах проектирования.

На первом этапе нужно определиться с типом производства и стратегией разработки техпроцесса.

Затем необходимо выбрать экономически обоснованный метод получения заготовки и провести ее проектирование. При этом необходимо рассчитать припуски на обработку.

На следующем этапе необходимо разработать маршрут обработки, выбрать средства технологического оснащения и спроектировать план изготовления.

После этого необходимо спроектировать специальную технологическую оснастку и режущий инструмент.

На заключительном этапе необходимо произвести анализ безопасности и экологичности технического объекта и расчет экономической эффективности работы.

Решение данных задач позволит добиться поставленной во введении цели.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Выбор стратегии разработки технологического процесса

Основная цель данного этапа выбрать стратегию разработки технологического процесса, для его дальнейшего проектирования.

Стратегия разработки техпроцесса выбирается по типу производства [4]. В данном случае при годовом объеме выпуска в 4000 штук в год и массе вала-шестерни 0,83 кг тип производства соответствует среднесерийному.

Для данного типа производства характерна следующая стратегия разработки технологического процесса[1, 4].

По виду применяется последовательная в отдельных случаях циклическая стратегия, при групповой форме организации техпроцесса.

Возможные методы получения заготовки литье или штамповка.

Методы обработки поверхностей выбираются по коэффициентам удельных затрат.

Припуск на обработку определяются по таблицам, при этом величина припуска незначительная.

Техпроцесс разрабатывается на базе типового в виде маршрутной или маршрутно-операционной технологии.

Маршрут обработки формируется по принципу концентрации операций.

Точность обработки обеспечивается методом работы на настроенном оборудовании, с применением активного контроля.

Обязательно соблюдение принципов постоянства баз единства баз.

Режимы резания определяются расчетно-аналитическим и опытно-статистическим методом.

Применяется укрупненное нормирование техпроцесса.

Применяется универсальное и оснащенное числовым программным управлением оборудование; универсальные, стандартные, универсально-сборные, в отдельных случаях специальные приспособления; стандартные, в отдельных случаях специальные режущие инструменты; универсальные, в отдельных случаях модернизированные средства контроля.

При проектировании технологических операций их содержание операций зависит от возможностей оборудования.

Оборудование загружается периодически меняющимися на станках партиями деталей. Расстановка оборудования производится на участках по типам и размерам станков.

## 2.2 Экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

Как отмечалось ранее для рассматриваемой детали в качестве метода получения заготовки целесообразно применить литье в кокиль или горячую штамповку. Выбор метода получения заготовки выполняется путем выполнения сравнительного экономического анализа согласно методики [5]. Для этого необходимо сравнить общие затраты на получение детали из заготовок полученных этими методами по формуле:

$$C_i = C_{3i} + C_{ОБР.i}, \quad (2.1)$$

где  $C_i$  - общие затраты;

$C_{3i}$  - затраты на получение заготовки;

$C_{ОБР.i}$  - затраты на обработку;

$i$  - номер варианта получения заготовки.

Индекс  $i=1$  для штамповки, индекс  $i=2$  для литья.

Стоимость заготовки определим по формулам:

$$C_{3i} = \frac{Ц_{М.i} \cdot M_{3.i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

$$C_{3i} = \frac{Ц_{М.i} \cdot M_{Д.i}}{1000 \cdot K_{ИМ}} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.3)$$

где  $Ц_{Мi}$  – цена за тонну металла;

$M_{3i}$  – масса заготовки;

$M_{дi}$  – масса детали;

$K_{им}$  – коэффициент использования металла;

$K_{сп}$  – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки;

$K_T$ ,  $K_{сл}$  – коэффициенты, учитывающие точность и сложность заготовки.

Определяем массу детали:

$$M_d = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + \dots) \cdot \rho, \quad (2.4)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков;

$\rho$  – плотность материала.

$$M_d = \frac{\pi}{4} (2,5^2 \cdot 3,7 \cdot 2 + 3,1^2 \cdot 0,43 \cdot 2 + 2,6^2 \cdot 3,5 \cdot 2 + 7,4^2 \cdot 2,0 - 1,9^2 \cdot 7,0 \cdot 2,0 - 1,1^2 \cdot 2,5) \cdot 0,00786 = 0,83 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной методом штамповки:

$$M_{31} = 0,785 \cdot (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + \dots) \cdot K_{шт} \cdot \rho \quad (2.5)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков штамповки;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков штамповки;

$K_{шт}$  – коэффициент, учитывающий уклоны, смещения штампа, радиусы перехода, облой.

$$M_{31} = 0,785 \cdot (3,3^2 \cdot 7,02 \cdot 2 + 7,7^2 \cdot 2,2) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 1,8 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной методом литья:

$$M_{32} = 0,785 \cdot (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + \dots) \cdot K_{л} \cdot \rho \quad (2.6)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков отливки;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков отливки;

$K_{\text{л}}$  – коэффициент, учитывающий уклоны, радиусы перехода, литники.

$$M_{32} = 0,785 \cdot (3,34^2 \cdot 7,06 \cdot 2 + 7,72^2 \cdot 2,24) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 1,9 \text{ кг.}$$

Определим коэффициент использования материала по формуле:

$$K_{\text{ИМ.}i} = \frac{M_{\text{д}}}{M_3}. \quad (2.7)$$

$$K_{\text{ИМ}1} = \frac{0,83}{1,8} = 0,46$$

$$K_{\text{ИМ}2} = \frac{0,83}{1,9} = 0,43$$

По формуле 2.2 определяем:

$$C_{31} = \frac{20000 \cdot 1,8 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 29,52 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{20000 \cdot 1,9 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,2}{1000} = 37,39 \text{ руб.}$$

Затраты на механическую обработку определяем по формуле:

$$C_{\text{ОБП.}i} = \frac{C_{\text{уд}} \left( \frac{1}{K_{\text{ИМ.}i}} - 1 \right) M_{\text{д}}}{K_{\text{О}}}, \quad (2.8)$$

где  $C_{\text{уд}}$  – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке;

$K_{\text{О}}$  – коэффициент обрабатываемости материала.

$$C_{\text{ОБП}1} = \frac{40 \cdot \left( \frac{1}{0,46} - 1 \right) \cdot 0,83}{1,1} = 35,4 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ОБП}2} = \frac{40 \cdot \left( \frac{1}{0,43} - 1 \right) \cdot 0,83}{1,1} = 40,1 \text{ руб.}$$

Получаем следующие значения суммарных затрат:

$$C_1 = 29,52 + 35,4 = 64,92 \text{ руб};$$

$$C_2 = 37,39 + 40,1 = 77,49 \text{ руб}.$$

Расчеты показали, что более выгодным методом получения заготовки является штамповка.

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

На выбор методов обработки поверхностей влияют два основных показателя ее качества – это точность обработки и шероховатость. Данная задача является многовариантной и имеет, как правило, несколько решений. Поэтому для ее решения применяется методика выбора по минимальным коэффициентам удельных затрат [6].

Полученные результаты выбора для каждой поверхности сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

| №<br>поверхнос<br>ти | Вид<br>поверхности | Квалитет<br>точности | Шерохова-<br>тость | Последовательность<br>обработки |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1                    | 2                  | 3                    | 4                  | 5                               |
| 1                    | П                  | 14                   | 12,5               | Ф-ТО                            |
| 2                    | К                  | 8                    | 1,25               | С-Ш-ТО                          |
| 3                    | К                  | 14                   | 6,3                | Тч-ТО                           |
| 4                    | Ц                  | 5                    | 0,32               | Т-Тч-ТО-Ш-Шч-Шт-ПО              |
| 5                    | П                  | 10                   | 1,25               | Т-Тч-ТО-Ш-Шч                    |
| 6                    | Ц                  | 12                   | 12,5               | Т-ТО                            |
| 7                    | Ц                  | 12                   | 12,5               | Т-ТО                            |
| 8                    | Ц                  | 12                   | 12,5               | Т-ТО                            |
| 9                    | П                  | 12                   | 12,5               | Т-ТО                            |
| 10                   | П                  | 12                   | 12,5               | Т-ТО                            |
| 11                   | К                  | 12                   | 12,5               | Тч-ТО                           |

Продолжение таблицы 2.1

| 1  | 2  | 3                 | 4    | 5                  |
|----|----|-------------------|------|--------------------|
| 12 | Ц  | 10                | 2,5  | Т-Тч-ТО-Ш          |
| 13 | 3  | 7 <sub>ст.т</sub> | 0,8  | 3Ф-ШВ-ТО-3Ш        |
| 14 | 3  |                   | 6,3  | 3Ф-ТО              |
| 15 | К  | 12                | 12,5 | Тч-ТО              |
| 16 | П  | 12                | 12,5 | Т-ТО               |
| 17 | П  | 12                | 12,5 | Т-ТО               |
| 18 | Ц  | 12                | 12,5 | Т-ТО               |
| 19 | Ц  | 12                | 12,5 | Т-ТО               |
| 20 | Ц  | 12                | 12,5 | Т-ТО               |
| 21 | П  | 10                | 1,25 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч       |
| 22 | Ц  | 5                 | 0,32 | Т-Тч-ТО-Ш-Шч-Шт-ПО |
| 23 | К  | 14                | 6,3  | Тч-ТО              |
| 24 | К  | 8                 | 1,25 | С-Ш-ТО             |
| 25 | П  | 14                | 12,5 | Ф-ТО               |
| 26 | ЦВ | 14                | 12,5 | С-Р-ТО             |
| 27 | ЦВ | 14                | 12,5 | С-ТО               |
| 28 | ЦВ | 14                | 12,5 | Р-ТО               |
| 29 | ПВ | 14                | 12,5 | Р-ТО               |
| 30 | ШВ | 11                | 6,3  | ПР-ТО              |
| 31 | ШВ | 10                | 1,25 | ПР-ТО              |
| 32 | ЦВ | 7                 | 1,25 | С-Р-П-ТО           |
| 33 | ПВ | 14                | 12,5 | Р-ТО               |
| 34 | ЦВ | 14                | 12,5 | С-ТО               |
| 35 | ЦВ | 14                | 12,5 | Р-ТО               |
| 36 | ЦВ | 14                | 12,5 | С-Р-ТО             |

В таблице использованы следующие обозначения согласно рекомендаций



[6]: П – плоская поверхность; ПВ – плоская внутренняя поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; К – коническая поверхность; КВ – коническая внутренняя поверхность; З – зубчатая поверхность; ШВ – шлицевая внутренняя поверхность; Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое; Шт – шлифование тонкое; Ф – фрезерование; С – сверление; Р – растачивание; ПО – полирование; ПР – протягивание; ЗФ – зубофрезерование; Шв – шевингование; ЗШ – зубошлифование.

## 2.4 Расчет припусков

Согласно высказанных ранее в п2.1 рекомендаций расчет припусков на обработку поверхностей может быть выполнен на основе опытно-статистического метода и расчетно-аналитического.

Согласно рекомендаций [1] последний в среднесерийном типе производства рекомендуется применять для расчета наиболее точных поверхностей, т.к. он позволяет гарантированно обеспечить качество обработки. В нашем случае самыми точными являются шейки под подшипники 4, 22 Ø 25k5<sup>(+0,011/+0,002)</sup>.

Расчет производим согласно методики [7].

Минимальное значение припуска определяем по формуле:

$$Z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.9)$$

где  $i$  - индекс данного перехода;

$i-1$  - индекс предыдущего перехода;

$i+1$  - индекс последующего перехода;

$a$  - суммарная величина дефектного слоя;

$\Delta$  - суммарное отклонение формы и расположения поверхностей;

$\varepsilon$  - погрешность установки заготовки в приспособлении.

Получим:

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0.3 + \sqrt{0.13^2 + 0.025^2} = 0.432$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0.2 + \sqrt{0.05^2 + 0.025^2} = 0.256$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0.25 + \sqrt{0.03^2 + 0.012^2} = 0.282$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0.15 + \sqrt{0.008^2 + 0.012^2} = 0.164$$

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{\Delta_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0.01 + \sqrt{0.003^2 + 0.012^2} = 0.023$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0.5 \cdot (\Delta d_{i-1} + Td_i) \quad (2.10)$$

Получим:

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0.5 \cdot (\Delta d_0 + Td_1) = 0.432 + 0.5 \cdot (0.2 + 0.25) = 1.157$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0.5 \cdot (\Delta d_1 + Td_2) = 0.256 + 0.5 \cdot (0.25 + 0.100) = 0.431$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0.5 \cdot (\Delta d_{TO} + Td_3) = 0.282 + 0.5 \cdot (0.160 + 0.039) = 0.382$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0.5 \cdot (\Delta d_3 + Td_4) = 0.164 + 0.5 \cdot (0.039 + 0.016) = 0.192$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0.5 \cdot (\Delta d_4 + Td_5) = 0.023 + 0.5 \cdot (0.016 + 0.011) = 0.037$$

Среднее значение припуска для каждого перехода по формуле:

$$Z_{cpi} = (\Delta d_{i\max} + Z_{i\min}) / 2 \quad (2.11)$$

Получим:

$$Z_{cp1} = (\Delta d_{1\max} + Z_{1\min}) / 2 = (1.157 + 0.432) / 2 = 0.795$$

$$Z_{cp2} = (\Delta d_{2\max} + Z_{2\min}) / 2 = (0.431 + 0.256) / 2 = 0.344$$

$$Z_{cp3} = (\Delta d_{3\max} + Z_{3\min}) / 2 = (0.382 + 0.282) / 2 = 0.332$$

$$Z_{cp4} = (\Delta d_{4\max} + Z_{4\min}) / 2 = (0.192 + 0.164) / 2 = 0.178$$

$$Z_{cp5} = (\Delta d_{5\max} + Z_{5\min}) / 2 = (0.037 + 0.023) / 2 = 0.030$$

Размеры для каждого перехода:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\max} + 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.12)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1} \quad (2.13)$$

Расчет начинаем с последнего перехода, для которого на чертеже задан размер.

Заметим, что имеется термообработка, поэтому необходимо учесть увеличение размеров при переходе аустенита в мартенсит на 0,1%, т.е.

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.14)$$

Получим:

$$d_{5\max} = 25,011$$

$$d_{5\min} = 25,002$$

$$d_{4\min} = d_{5\min} + 2 \cdot Z_{5\min} = 25,002 + 2 \cdot 0,023 = 25,059$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_4 = 25,059 + 0,016 = 25,076$$

$$d_{3\min} = d_{4\min} + 2 \cdot Z_{4\min} = 25,059 + 2 \cdot 0,164 = 25,404$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 25,404 + 0,039 = 25,443$$

$$d_{TO\min} = d_{3\min} + 2 \cdot Z_{3\min} = 25,404 + 2 \cdot 0,282 = 26,007$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 26,007 + 0,160 = 26,167$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 26,007 \cdot 0,999 = 25,971$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 25,971 + 0,100 = 26,071$$

$$d_{1\min} = d_{2\min} + 2 \cdot Z_{2\min} = 25,971 + 2 \cdot 0,256 = 26,583$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 26,583 + 0,250 = 26,833$$

$$d_{0\min} = d_{1\min} + 2 \cdot Z_{1\min} = 26,583 + 2 \cdot 0,432 = 27,697$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 27,697 + 1,2 = 28,897$$

Определяем средние значения размеров:

$$d_{icp} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2} \quad (2.15)$$

$$d_{cp0} = \sqrt{d_{0\max} + d_{0\min}} \cdot 2 = \sqrt{8,897 + 27,697} \cdot 2 = 28,297$$

$$d_{cp1} = \sqrt{d_{1\max} + d_{1\min}} \cdot 2 = \sqrt{6,833 + 26,583} \cdot 2 = 26,708$$

$$d_{cp2} = \sqrt{d_{2\max} + d_{2\min}} \cdot 2 = \sqrt{6,071 + 25,971} \cdot 2 = 26,021$$

$$d_{cpTO} = \sqrt{d_{TO\max} + d_{TO\min}} \cdot 2 = \sqrt{6,167 + 26,007} \cdot 2 = 26,087$$

$$d_{cp3} = \sqrt{d_{3\max} + d_{3\min}} \cdot 2 = \sqrt{5,443 + 25,404} \cdot 2 = 25,424$$

$$d_{cp3} = \sqrt{d_{3\max} + d_{3\min}} \cdot 2 = \sqrt{5,443 + 25,404} \cdot 2 = 25,424$$

$$d_{cp4} = \sqrt{d_{4\max} + d_{4\min}} \cdot 2 = \sqrt{5,076 + 25,059} \cdot 2 = 25,068$$

$$d_{cp5} = \sqrt{d_{5\max} + d_{5\min}} \cdot 2 = \sqrt{5,011 + 25,002} \cdot 2 = 25,007$$

Определяем общий припуск на обработку:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max}, \quad (2.16)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5, \quad (2.17)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2}, \quad (2.18)$$

Получим:

$$2Z_{\min} = 27,697 - 25,011 = 2,686$$

$$2Z_{\max} = 2,686 + 1,2 + 0,011 = 3,897$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot 2,686 + 3,897 = 3,292$$

Для остальных поверхностей припуски на обработку определяем по методике [8].

Определение припуска производим в следующем порядке:

1. по справочным данным определяем минимальный припуск  $Z_{i\min}$ ;
2. определяем максимальный припуск  $Z_{i\max}$  по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1} + Td_i} \quad (2.19)$$

Результаты расчетов представим в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски на обработку

| № пов. | Наименование перехода | $Z_{min}$ | $Z_{max}$ |
|--------|-----------------------|-----------|-----------|
| 5, 21  | Точение черновое      | 1,8       | 2,2       |
|        | Точение чистовое      | 0,8       | 1,07      |
|        | Шлифование            | 0,4       | 0,497     |
|        | Шлифование чистовое   | 0,03      | 0,068     |
| 12     | Точение черновое      | 0,75      | 1,6       |
|        | Точение чистовое      | 0,125     | 0,335     |
|        | Шлифование            | 0,2       | 0,31      |
| 13     | Зубофрезерование      | 0,6       | 0,9       |
|        | Шевингование          | 0,18      | 0,47      |
|        | Шлифование            | 0,2       | 0,38      |
| 26, 36 | Растачивание          | 0,5       | 0,647     |
| 32     | Протягивание          | 0,7       | 0,777     |

## 2.5 Проектирование заготовки

Проектирование заготовки производится согласно рекомендаций [9] и справочных данных [8].

Получаем следующие параметры заготовки:

класс точности, в зависимости от метода получения заготовки - Т4;

группа стали - М1;

степень сложности заготовки - С1.

исходный индекс - И9.

штамповочные уклоны - 5°.

радиус закругления - 2,5 мм.

допустимые значения остаточного облоя - не более 1,2 мм.

отклонение от концентричности - 1 мм.

Чертеж заготовки представлен в графической части работы.

## 2.6 Разработка технологического маршрута

При разработке технологического маршрута обработки, согласно рекомендаций п.2.1, будем использовать типовой маршрут обработки деталей типа вал-шестерня [6].

Однако, при этом следует учитывать особенности нашей детали и рекомендации по разработке маршрута обработки на базе типового [1, 10, 11].

Для простоты восприятия и удобства дальнейшей обработки информации маршрут обработки оформим в виде таблицы 2.3.

Таблица 2.3 - Технологический маршрут изготовления вала-шестерни

| №  | Метод обработки  | Обрабатываемые поверхности                                 | № опер. | Наименование операции   |
|----|------------------|------------------------------------------------------------|---------|-------------------------|
| 1  | 2                | 3                                                          | 4       | 5                       |
| 1  | Фрезерование     | 1, 25                                                      | 005     | Фрезерноцентровальная   |
| 2  | Сверление        | 2, 24                                                      | 005     | Фрезерноцентровальная   |
| 3  | Точение          | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,<br>12, 16, 17, 18, 19,<br>20, 21, 22 | 010     | Токарная                |
| 4  | Точение          | 4, 5, 12, 21, 22                                           | 015     | Токарная                |
| 5  | Сверление        | 26, 32, 36                                                 | 020     | Сверлильная             |
| 6  | Токарная         | 26, 28, 29, 32, 33,<br>35, 36                              | 025     | Токарная                |
| 7  | Сверление        | 27, 34                                                     | 030     | Сверлильная             |
| 8  | Протягивание     | 30, 31, 32                                                 | 035     | Протяжная               |
| 9  | Зубофрезерование | 13, 14                                                     | 040     | Зубофрезерная           |
| 10 | Шевингование     | 13                                                         | 050     | Зубошевинговальная      |
| 11 | ТО               | все                                                        | 055     | Термическая             |
| 12 | Шлифование       | 2, 24                                                      | 060     | Центрошлифовальная      |
| 13 | Шлифование       | 4, 5, 21, 22                                               | 065     | Торцекруглошлифовальная |

### Продолжение таблицы 2.3

| 1  | 2           | 3            | 4   | 5                       |
|----|-------------|--------------|-----|-------------------------|
| 14 | Шлифование  | 12           | 070 | Круглошлифовальная      |
| 15 | Шлифование  | 4, 5, 21, 22 | 075 | Торцекруглошлифовальная |
| 16 | Шлифование  | 13           | 080 | Зубошлифовальная        |
| 17 | Шлифование  | 4, 22        | 085 | Круглошлифовальная      |
| 18 | Полирование | 4, 22        | 090 | Полировальная           |
| 19 | Мойка       | все          | 095 | Моечная                 |
| 20 | Контроль    | все          | 100 | Контрольная             |

### 2.7 План обработки

План обработки детали формируется согласно рекомендаций [6] и представляет собой графическое изображение маршрута обработки разработанного в предыдущем пункте. При этом на нем указывается тип оборудования, операционный эскиз, схема базирования и операционные технические требования. Схемы базирования разрабатываются на основе теории базирования и рекомендаций [11].

План обработки входит в графическую часть выпускной квалификационной работы.

### 2.8 Выбор средств технологического оснащения

Выбор средств технологического оснащения подразумевает под собой выбор металлорежущих станков (оборудования), режущего инструмента, мерительного инструмента и станочных приспособлений.

Выбор металлорежущих станков производится согласно рекомендаций и справочных данных [1, 12, 13].

Выбор режущего инструмента производится согласно рекомендаций и справочных данных [1, 14, 15].

Выбор мерительного инструмента производится согласно рекомендаций и справочных данных [1, 16, 17].

Выбор станочных приспособлений производится согласно рекомендаций и справочных данных [1, 12, 18].

Все полученные данные оформим в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Выбор средств технологического оснащения

| №<br>оп. | Наименование           | СТО                          |                                                                  |                                      |                                      |
|----------|------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|          |                        | Оборудование                 | Оснастка                                                         |                                      |                                      |
|          |                        |                              | Режущий<br>инструмент                                            | Мерительный<br>инструмент            | Приспособления                       |
| 1        | 2                      | 3                            | 4                                                                | 5                                    | 6                                    |
| 005      | Фрезерно-центровальная | Фрезерно-центровальный 2Г942 | Фрезы торцевые ГОСТ1695-80 Ø40, Сверло центровочное специальное  | Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80       | Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66 |
| 010      | Токарная               | Токарный с ЧПУ CL 1500       | Резец контурный ОСТ 2.И10.1-83                                   | Калибр контроля центрового отверстия | Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73   |
| 015      | Токарная               | Токарный с ЧПУ CL 1500       | Резец контурный ОСТ 2.И10.1-83, резец канавочный ОСТ 2.И10.1-83, | Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80       | Патрон поводковый ГОСТ 2571-71       |



Продолжение таблицы 2.4

| 1   | 2             | 3                                 | 4                                                      | 5                            | 6                                             |
|-----|---------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 020 | Сверлильная   | Вертикально-сверлильный GHD-55PFA | Сверло специальное, сверло комбинированное специальное | Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78 | Тиски самоцентрирующие специальные            |
| 025 | Токарная      | Токарный с ЧПУ CL 1500            | Резец расточной ОСТ 2.И10.1-83                         | Нутромер НМ ГОСТ10-80        | Патрон цанговый специальный восьмилепестковый |
| 030 | Сверлильная   | Вертикально-сверлильный GHD-55PFA | Сверло спиральное Ø5 ГОСТ 10903-77                     | Нутромер НМ ГОСТ10-80        | Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66          |
| 035 | Протяжная     | Горизонтально-протяжной Н30-60    | Протяжка специальная                                   | Нутромер НМ ГОСТ10-80        |                                               |
| 040 | Зубофрезерная | Зубофрезерный YBS3112             | Фреза зубонарезная червячная Ø90 ГОСТ 9324-80          | Шаблон                       | Патрон поводковый ГОСТ 2571-71                |

Продолжение таблицы 2.4

| 1   | 2                       | 3                                  | 4                                                | 5      | 6                                              |
|-----|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------|
| 045 | Зубофасочная            | Зубофасочный ВС-500                | Фреза                                            | Шаблон | Патрон цанговый специальный восьми-лепестковый |
| 050 | Зубо-шевинговальная     | Зубо-шевинговальный HURTH ZS 150   | Шевер Ø180 ГОСТ8570-75                           | Шаблон | Патрон цанговый специальный восьми-лепестковый |
| 055 | Термическая             |                                    |                                                  |        |                                                |
| 060 | Центро-шлифовальная     | Центро-шлифовальный ZSM 5100       | Головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ2447-82    | Шаблон | Тиски самоцентрирующие                         |
| 065 | Торцекруглошлифовальная | Торцекруглошлифовальный GA-3535CNC | Круг шлифовальный 3-300x127x200 23A46M8V30 м/с1А | Шаблон | Патрон цанговый специальный восьми-лепестковый |
| 070 | Кругло-                 | Кругло-                            | Круг                                             | Скоба  | Патрон                                         |

Продолжение таблицы 2.4

| 1   | 2                                      | 3                                                | 4                                                                  | 5                 | 6                                                                     |
|-----|----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|     | шлифоваль-<br>ная                      | шлифоваль-<br>ный GUN-<br>3540CNC                | шлифоваль-<br>ный 1<br>300x127x50<br>23A46M8V30<br>м/с1А           | рычажная          | цанговый<br>специаль-<br>ный<br>восьми-<br>лепестко-<br>вый           |
| 075 | Торце-<br>кругло-<br>шлифоваль-<br>ная | Торцекругло-<br>шлифоваль-<br>ный GA-<br>3535CNC | Круг<br>шлифоваль-<br>ный 3-<br>300x127x200<br>23A80K5V30<br>м/с1А | Скоба<br>рычажная | Патрон<br>цанговый<br>специаль-<br>ный<br>восьми-<br>лепестко-<br>вый |
| 080 | Зубошлифо-<br>вальная                  | Зубошлифо-<br>вальный<br>УК7332А                 | Круг<br>шлифоваль-<br>ный 4-<br>250x76,2x10<br>25A80M5V30<br>м/с1А | Скоба<br>рычажная | Патрон<br>цанговый<br>специаль-<br>ный<br>восьми-<br>лепестко-<br>вый |
| 085 | Кругло-<br>шлифоваль-<br>ная           | Кругло-<br>шлифоваль-<br>ный GUN-<br>3540CNC     | Круг<br>шлифоваль-<br>ный 1<br>300x127x50<br>24A80M5V35<br>м/с1А   | Шаблон            | Патрон<br>цанговый<br>специаль-<br>ный<br>восьми-<br>лепестко-<br>вый |
| 090 | Полиро-                                | Полироваль-                                      | 24A6IV                                                             | Скоба             | Патрон                                                                |

Продолжение таблицы 2.4

| 1 | 2       | 3           | 4 | 5        | 6                                                           |
|---|---------|-------------|---|----------|-------------------------------------------------------------|
|   | вальная | ный KSP 100 |   | рычажная | цанговый<br>специаль-<br>ный<br>восьми-<br>лепестко-<br>вый |

## 2.9 Проектирование технологических операций

Согласно рекомендаций п 2.1 проектирование технологических операций производим согласно методики [19, 20, 21, 22].

Сначала определяем глубину резания  $t$  и подачу  $S$ .

После этого определяем скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.20)$$

где  $V_T$  – табличное значение скорости резания;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

$K_3$  - коэффициент, зависящий от вида обработки (при точении); от размеров обработки (при фрезеровании); от отношения длины к диаметру (при сверлении).

Затем определяется частота вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.21)$$

где:  $D$  – обрабатываемый диаметр или диаметр режущего инструмента.

Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{p.x.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (2.22)$$

где  $l_1$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$  – длина резания, мм;

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм.

Основное время на обработку определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_d} \quad (2.23)$$

Полученные результаты вычислений представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Режимы резания

| Номер<br>перехода                     | $S_0(S_z)$<br>мм/об(мм/з<br>уб) | $V$<br>м/мин | $n$<br>об/мин | $L_{px}$<br>мм | $T_0$<br>мин |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| 1                                     | 2                               | 3            | 4             | 5              | 6            |
| Операция 005 – Фрезерно-центровальная |                                 |              |               |                |              |
|                                       | (0,15)                          | 46,4         | 250           | 35             | 0,6          |
| Операция 010 – Токарная<br>Утанов А   |                                 |              |               |                |              |
| 1                                     | 0,3                             | 146          | 630           | 120            | 0,64         |
| Операция 010 – Токарная<br>Утанов Б   |                                 |              |               |                |              |
| 1                                     | 0,3                             | 146          | 630           | 100            | 0,53         |
| Операция 015– Токарная<br>Утанов А    |                                 |              |               |                |              |

Продолжение таблицы 2.5

| 1                                       | 2    | 3   | 4    | 5   | 6    |
|-----------------------------------------|------|-----|------|-----|------|
| 1                                       | 0,17 | 186 | 800  | 53  | 0,39 |
| Операция 015– Токарная<br>Установ Б     |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,17 | 186 | 800  | 33  | 0,39 |
| Операция 020 – Сверлильная<br>Установ А |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,34 | 38  | 630  | 95  | 0,44 |
| Операция 020 – Сверлильная<br>Установ Б |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,34 | 38  | 630  | 70  | 0,33 |
| Операция 025 – Токарная<br>Установ А    |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,19 | 75  | 1250 | 95  | 0,4  |
| Операция 025 – Токарная<br>Установ Б    |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,19 | 75  | 1250 | 73  | 0,31 |
| Операция 030 – Сверлильная              |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,12 | 13  | 800  | 5   | 0,1  |
| 2                                       | 0,12 | 13  | 800  | 5   | 0,1  |
| 035 Протяжная                           |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,11 | 5,2 |      | 600 | 0,72 |
| Операция 040 – Зубофрезерная            |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 2,5  | 40  | 250  | 25  | 0,97 |
| Операция 045 – Зубофасочная             |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 0,15 | 35  | 600  | 0,3 | 0,7  |
| Операция 050 – Зубошвинговальная        |      |     |      |     |      |
| 1                                       | 120  | 12  | 260  | 25  | 0,92 |

Продолжение таблицы 2.5

| 1                                                   | 2              | 3   | 4    | 5     | 6    |
|-----------------------------------------------------|----------------|-----|------|-------|------|
| Операция 060 - Центрошлифовальная                   |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,55<br>мм/мин | 15  | 300  | 0,8   | 0,18 |
| Операция 065 – Торцекруглошлифовальная<br>Установ А |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,009          | 26  | 300  | 0,323 | 0,2  |
| Операция 065 – Торцекруглошлифовальная<br>Установ Б |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,009          | 26  | 300  | 0,323 | 0,2  |
| Операция 070 - Круглошлифовальная                   |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,013          | 26  | 368  | 76    | 0,65 |
| Операция 075 – Торцекруглошлифовальная<br>Установ А |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,003          | 30  | 300  | 0,174 | 0,32 |
| Операция 075 – Торцекруглошлифовальная<br>Установ Б |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,003          | 30  | 300  | 0,174 | 0,32 |
| Операция 080 - Зубошлифовальная                     |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,01           | 250 | 1500 | 25    | 0,82 |
| Операция 085 – Круглошлифовальная<br>Установ А      |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,008          | 30  | 368  | 21    | 0,4  |
| Операция 085 – Круглошлифовальная<br>Установ Б      |                |     |      |       |      |
| 1                                                   | 0,008          | 30  | 368  | 21    | 0,4  |
| Операция 090 – Полировальная<br>Установ А           |                |     |      |       |      |

Продолжение таблицы 2.5

| 1                            | 2     | 3  | 4   | 5  | 6    |
|------------------------------|-------|----|-----|----|------|
| 1                            | 0,001 | 35 | 300 | 21 | 0,19 |
| Операция 090 – Полировальная |       |    |     |    |      |
| Установ Б                    |       |    |     |    |      |
| 1                            | 0,001 | 35 | 300 | 21 | 0,19 |



### 3 Проектирование приспособления и режущего инструмента

#### 3.1 Проектирование приспособления

При сверлении отверстия в базовом технологическом процессе используется приспособление с ручным приводом, что не обеспечивает необходимой стабильности сил зажима и приводит к появлению дополнительных погрешностей. Поэтому необходимо спроектировать механизированное станочное приспособление. Проектирование проведем согласно методики и справочных данных [23, 24, 25].

Операционный эскиз заготовки в приспособлении представлен на рисунке 3.1.

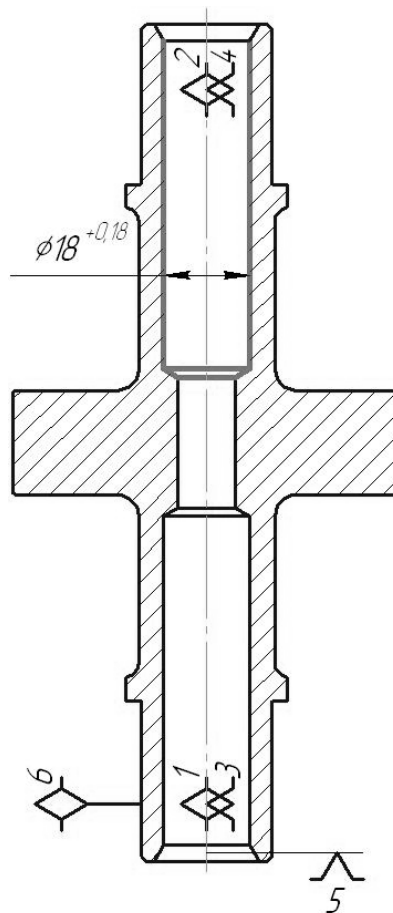


Рисунок 3.1 - Операционный эскиз

В качестве установочных элементов используем призмы самоцентрирующиеся с базированием по двум диаметрам.

Расчеты крутящего момента и осевой силы:

$$P_0 = 10C_P \cdot D^y \cdot S^g \cdot K_P \quad (3.1)$$

$$M = 10C_M \cdot D^g \cdot S^y \cdot K_P \quad (3.2)$$

где  $D$  - диаметр сверла;

$S$  - подача;

$C_M, C_P, g, y$  - поправочные коэффициенты и показатели степени;

$K_P$  - поправочный коэффициент, учитывающий прочностные свойства обрабатываемого материала.

Получим:

$$K_P = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,84.$$

$$M = 10 \cdot 0,035 \cdot 18^2 \cdot 0,34^{0,8} \cdot 0,84 = 38,75 \text{ Нм.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 18^1 \cdot 0,34^{0,7} \cdot 0,84 = 4832 \text{ Н.}$$

Для расчета силы закрепления составим систему сил, действующих на заготовку, и решим ее относительно силы закрепления  $W$ .

В данном случае влиянием осевой силы  $P_0$  можно пренебречь, так как она прижимает заготовку к столу и способствует закреплению заготовки.

Суммарный крутящий момент от касательной составляющей силы резания, стремится провернуть заготовку в установочных элементах, и равен в данном случае:

$$M_{кр} = P_z \cdot l \quad (3.3)$$

где  $l$  - расстояние от силы  $P_z$  до оси вала.

Но этому препятствует момент силы зажима, определяемый следующим образом:

$$M_3 = \frac{T \cdot d \cdot \sin \alpha/2}{2} = \frac{W \cdot f \cdot d \cdot \sin \alpha/2}{2} \quad (3.4)$$

где  $T$  - сила трения на рабочей поверхности призмы;  
 $d$  - диаметр заготовки за который происходит ее закрепление;  
 $f$  - коэффициент трения скольжения в контакте заготовки с рабочей поверхностью призмы;  
 $W$  - усилие зажима;  
 $\alpha$  - угол между рабочими поверхностями призм.

Необходимое усилие зажима будет равно:

$$W = k \frac{T}{f} = k \frac{2P_z \cdot l \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d \cdot f} = k \frac{2Mp \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d \cdot f} \quad (3.5)$$

где  $k$  - коэффициент запаса.

Значение коэффициента запаса определяется по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (3.6)$$

где  $k_0$  - гарантированный коэффициент запаса;  
 $k_1$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за неровностей на обрабатываемой поверхности заготовки;  
 $k_2$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;  
 $k_3$  - коэффициент, учитывающий условия сверления.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Тогда усилие зажима равно:

$$W = 1,8 \frac{2 \cdot 2,62 \cdot \sin 45}{30 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15} = 1482 \text{ Н.}$$

Величина усилия зажима  $W_1$ , прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием  $W$  и рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{l_k}{H_k}\right) \cdot f_1\right)} \quad (3.7)$$

где  $l_k$  - вылет кулачка, расстояние от середины рабочей поверхности кулачка до середины направляющей постоянного кулачка, мм;

$H_k$  - длина направляющей постоянного кулачка, мм;

$f_1$  - коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса.

Тогда получим:

$$W_1 = \frac{48321482}{1 - \left(\frac{3 \cdot 90}{95} \cdot 0,2\right)} = 11237 \text{ Н.}$$

Из анализа типовых решений следует, что в данной конструкции приспособления следует применить рычажный зажимной механизм. Рычажный зажимной механизм представляет собой неравноплечий угловой рычаг, смонтированный в корпусе на неподвижных осях, и который своими сферическими концами входит с посадкой в пазы постоянного кулачка и центральной втулки.

Определим усилие  $Q$ , создаваемое силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передается постоянному кулачку.

$$Q = \frac{W_1}{i_C} \quad (3.8)$$

где  $i_C$  – передаточное отношение по силе зажимного механизма.

$$Q = \frac{11837}{2} = 5919 \text{ Н.}$$

Для создания исходного усилия используем силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя.

Рассчитаем диаметр поршня по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (3.9)$$

где  $P$  – избыточное давление сжатого воздуха.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{5919}{0,4}} = 138 \text{ мм.}$$

Из расчетов видно, что диаметр поршня слишком велик, поэтому применим гидроцилиндр, тогда диаметр поршня равен:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{5919}{1,6}} = 69 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр гидроцилиндра из стандартного ряда ближайший больший, равный 70 мм.

Рассчитаем погрешность установки заготовки в приспособлении по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.10)$$

где  $\varepsilon_B$  - погрешность базирования, равная при данной схеме погрешности рабочей поверхности призмы;

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления;

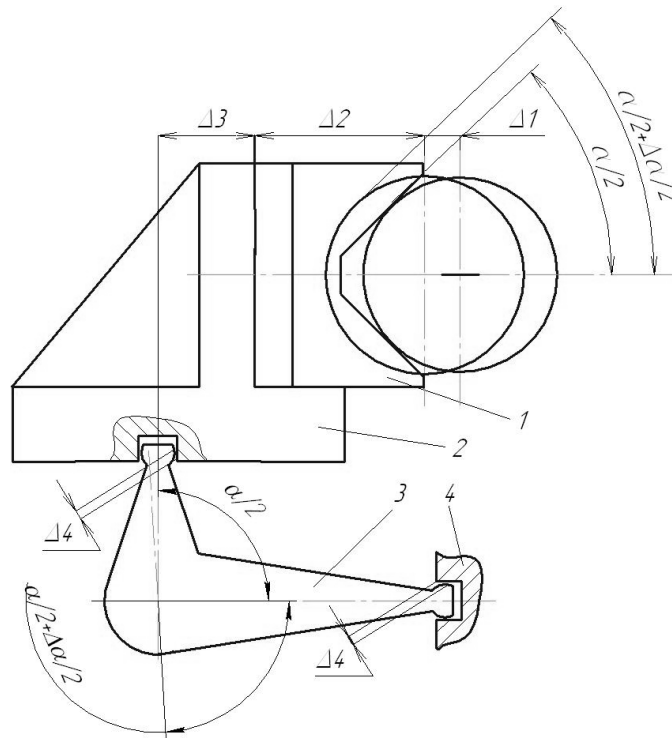
$\varepsilon_{np}$  - погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

На рисунке 3.2 представлена размерная схема призм с рычажным зажимным механизмом.

$$\varepsilon_B = \Delta l = \frac{d}{2} \cdot \sin \frac{\Delta \alpha}{2}, \quad (3.11)$$

где  $\Delta l$  - погрешность, возникающая вследствие неточности изготовления угла наклона рабочей поверхности призмы;

$d$  – диаметр заготовки.



1- призма, 2- ползушка, 3- рычаг, 4- шток.

Рисунок 3.2 - Схема погрешностей рычажного зажимного механизма

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} \quad (3.12)$$

где  $\Delta_2$  - погрешность, появляющаяся из-за неточности изготовления плеч рычага;

$\Delta_3, \Delta_6$  - погрешности, возникающие вследствие неточности изготовления размеров  $A_3$  и  $A_6$  ( $\Delta_3 = TA_3 = 13 \text{ мкм}$ ,  $\Delta_6 = TA_6 = 16 \text{ мкм}$ );

$\Delta_4, \Delta_5$  - погрешность, появляющаяся из-за колебания в зазорах в сопряжениях ( $\Delta_4 = TA_4 = 13 \text{ мкм}$ ,  $\Delta_5 = TA_5 = 13 \text{ мкм}$ ).

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{47^2 + 110^2 + 13^2 + 13^2 + 13^2 + 16^2} = 38 \text{ мкм}.$$

Допускаемая погрешность принимается равной:

$$\varepsilon_y^{\text{don}} = 0,3Td \quad (3.13)$$

где  $Td$  - технологический допуск на операционный размер.

$$\varepsilon_y^{\text{don}} = 0,3 \cdot 180 = 54 \text{ мкм.}$$

Разработанное приспособление удовлетворяет по точностным требованиям, т.к.  $\varepsilon_y < \varepsilon_y^{\text{don}}$ ,  $0,038\text{мм} < 0,054\text{мм}$ .

Данное приспособление состоит из самоцентрирующих призм 1, которые жестко крепятся с постоянными кулачками 2. Для перемещения призм применяется рычажный зажимной механизм, состоящий из рычага 3 и установочного пальца 4, который через центральную втулку 5 связан с гидроцилиндром 7. Кулачки, зажимной механизм и центральная втулка монтируются в корпусе 6. Внутри гидроцилиндра располагаются поршень 9 со штоком 8. Для подачи масла к гидроцилиндру проведены два отверстия, одно в левую полость, а другое в правую. Слева к гидроцилиндру присоединяется задняя крышка 10.

Приспособление работает следующим образом.

После установки заготовки в раздвинутые призмы включается подача масла в правую полость гидроцилиндра. Поршень, сдвигаясь влево через центральную втулку, перемещает рычаги, которые сообщают движение кулачкам по радиусу к центру. Центрирование и закрепление заготовки осуществляется призмами, жестко соединенными с кулачками. При подаче масла в левую полость вся система движется в обратном направлении и происходит раскрепление заготовки.

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

При сверлении отверстия с использованием стандартного спирального сверла затрачивается много времени, что обусловлено необходимостью вывода сверла из зоны резания с целью избегания его заедания и поломки. Кроме того в зоне резания возникает высокая температура из-за недостаточного охлаждения, что приводит к повышенному износу инструмента и ухудшению

качества обработанной поверхности. В связи с этим спроектируем сверло, которое позволит решить указанные выше проблемы. Для этого воспользуемся методикой [26].

Расчет режущего инструмента будем производить на сверление ступенчатого отверстия,  $\varnothing 18,4^{+0,21}$ . Обработка осуществляется пушечным сверлом. Минимальный диаметр отверстия 18,40 мм, максимальный диаметр отверстия 18,61 мм.

Для получения годного отверстия  $\varnothing 18,40^{+0,021}$  мм необходимо использовать инструмент с размером, равным:

$$D_{инстр} = D_{\min} + \frac{TD}{2} \quad (3.14)$$

где  $TD$  – допуск на обрабатываемый размер.

$$D_{инстр} = 18,40 + \frac{0,21}{2} = 18,505 \text{ мм}$$

Отверстие обрабатывается по 12 квалитету, значит допуск на исполнительный размер инструмента целесообразно принять по 10 квалитету. Таким образом, принимаем размер инструмента:  $\varnothing 18,505_{-0,084}$ .

При обработке низколегированных сталей рекомендуется в качестве материала режущей части при черновой обработке использовать твердый сплав T15K10.

Применение материала T15K10 в режущей части инструмента почти полностью исключает образование наклепа при обработке низколегированных сталей.

Режущую часть инструмента целесообразно выполнить в виде пластин, наклеенных на корпус инструмента, что существенно снизит себестоимость инструмента.

Принимаем хвостовик сверла конический.

Расчетный диаметр для определения номера конуса Морзе вычисляется



по формуле:

$$d = \frac{6\mu_{cp} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 (1 - 0,04\Delta\theta)} \quad (3.15)$$

где  $\mu_{cp}$  – момент сопротивления силам резания;

$\theta$  - угол, характеризующий конусность;

$\mu$  – коэффициент трения;

$P_0$  – осевая сила;

$\Delta\theta$  - допуск на угол  $\theta$ .

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 39,6(1 - 0,04 \cdot 5)} \approx 27,9 \text{ мм.}$$

Принимаем конус Морзе №2.

Для обеспечения заданных параметров шероховатости и увеличения стойкости инструмента принимаем следующие значения углов:  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 6^\circ$ .

Во избежание заедания сверла в отверстии передняя поверхность выполняется выше центра на 0,5 мм. Для уменьшения трения направляющей о стенки отверстия срезана лыска под углом  $30^\circ$ .

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

| №<br>п/п | Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособление | Материалы, вещества |
|----------|-------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
| 1        | 2                       | 3                                               | 4                                                                                | 5                                        | 6                   |
| 1        | Фрезерование            | Фрезерно-центровальная операция                 | Фрезеровщик                                                                      | Фрезерно-центровальный 2Г942             | Сталь 20Х, СОЖ      |
| 2        | Точение                 | Токарная операция                               | Оператор станков с ЧПУ                                                           | Токарный с ЧПУ CL 1500                   | Сталь 20Х, СОЖ      |
| 3        | Сверление               | Сверлильная операция                            | Сверловщик                                                                       | Вертикально-сверлильный GHD-55PFA        | Сталь 20Х, СОЖ      |
| 4        | Протягивание            | Протяжная операция                              | Протяжник                                                                        | Горизонтально-протяжной Н30-60           | Сталь 20Х, СОЖ      |
| 5        | Зубонарезание           | Зубо-фрезерная                                  | Зуборезчик                                                                       | Зубофрезерный YBS3112                    | Сталь 20Х, СОЖ      |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2          | 3                     | 4         | 5                                                                    | 6              |
|---|------------|-----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------|----------------|
|   |            | операция              |           |                                                                      |                |
| 6 | Шлифование | Шлифовальная операция | Шлифовщик | Торцекругло-шлифовальный GA-3535CNC, Кругло-шлифовальный GUH-3540CNC | Сталь 20Х, СОЖ |

#### 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

| №<br>п/п | Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ | Опасный и /или вредный производственный фактор                                                                                         | Источник опасного и /или вредного производственного фактора |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                                                     | 3                                                                                                                                      | 4                                                           |
| 1        | Фрезерно-центровальная операция                                                                       | Движущиеся машины и механизмы;<br>подвижные части производственного оборудования;<br>передвигающиеся изделия, заготовки;<br>повышенная | Фрезерно-центровальный 2Г942                                |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4                      |
|---|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|   |                   | <p>температура<br/>поверхностей<br/>оборудования,<br/>материалов;<br/>повышенный уровень<br/>шума на рабочем<br/>месте; повышенное<br/>значение напряжения<br/>в электрической цепи,<br/>замыкание которой<br/>может произойти<br/>через тело человека;<br/>острые кромки,<br/>заусенцы и<br/>шероховатость на<br/>поверхностях<br/>заготовок,<br/>инструментов и<br/>оборудования;<br/>монотонность труда</p> |                        |
| 2 | Токарная операция | <p>Движущиеся машины<br/>и механизмы;<br/>подвижные части<br/>производственного<br/>оборудования;<br/>передвигающиеся<br/>изделия, заготовки;<br/>повышенная</p>                                                                                                                                                                                                                                               | Токарный с ЧПУ CL 1500 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4                                                  |
|---|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|   |                      | <p>температура<br/>поверхностей<br/>оборудования,<br/>материалов;<br/>повышенный уровень<br/>шума на рабочем<br/>месте; повышенное<br/>значение напряжения<br/>в электрической цепи,<br/>замыкание которой<br/>может произойти<br/>через тело человека;<br/>острые кромки,<br/>заусенцы и<br/>шероховатость на<br/>поверхностях<br/>заготовок,<br/>инструментов и<br/>оборудования;<br/>монотонность труда</p> |                                                    |
| 3 | Сверлильная операция | <p>Движущиеся машины<br/>и механизмы;<br/>подвижные части<br/>производственного<br/>оборудования;<br/>передвигающиеся<br/>изделия, заготовки;<br/>повышенная</p>                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Вертикально-<br/>сверлильный GHD-<br/>55PFA</p> |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4                              |
|---|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|   |                    | <p>температура<br/>поверхностей<br/>оборудования,<br/>материалов;<br/>повышенный уровень<br/>шума на рабочем<br/>месте; повышенное<br/>значение напряжения<br/>в электрической цепи,<br/>замыкание которой<br/>может произойти<br/>через тело человека;<br/>острые кромки,<br/>заусенцы и<br/>шероховатость на<br/>поверхностях<br/>заготовок,<br/>инструментов и<br/>оборудования;<br/>монотонность труда</p> |                                |
| 4 | Протяжная операция | <p>Движущиеся машины<br/>и механизмы;<br/>подвижные части<br/>производственного<br/>оборудования;<br/>передвигающиеся<br/>изделия, заготовки;<br/>повышенная</p>                                                                                                                                                                                                                                               | Горизонтально-протяжной Н30-60 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                      | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4                        |
|---|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|   |                        | <p>температура<br/>поверхностей<br/>оборудования,<br/>материалов;<br/>повышенный уровень<br/>шума на рабочем<br/>месте; повышенный<br/>уровень вибрации;<br/>повышенное значение<br/>напряжения в<br/>электрической цепи,<br/>замыкание которой<br/>может произойти<br/>через тело человека;<br/>острые кромки,<br/>заусенцы и<br/>шероховатость на<br/>поверхностях<br/>заготовок,<br/>инструментов и<br/>оборудования;<br/>монотонность труда</p> |                          |
| 5 | Зубофрезерная операция | <p>Движущиеся машины<br/>и механизмы;<br/>подвижные части<br/>производственного<br/>оборудования;<br/>передвигающиеся</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Зубофрезерный<br>YBS3112 |

Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2                     | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                             |
|---|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|   |                       | <p>изделия, заготовки;</p> <p>повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</p> <p>повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</p> <p>острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</p> <p>монотонность труда</p> |                               |
| 6 | Шлифовальная операция | <p>Движущиеся машины и механизмы;</p> <p>подвижные части производственного оборудования;</p> <p>передвигающиеся</p>                                                                                                                                                                                                                                                                           | Торцевкругло-шлифовальный GA- |



Продолжение таблицы 4.2

| 1 | 2 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                               |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|   |   | <p>изделия, заготовки;</p> <p>повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</p> <p>повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</p> <p>острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</p> <p>монотонность труда</p> | <p>3535CNC, Кругло-шлифовальный GUN-3540CNC</p> |

#### 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

| №<br>п/п | Опасный и / или вредный<br>производственный фактор                                             | Организационные<br>методы и технические<br>средства защиты,<br>снижения, устранения<br>опасного и / или<br>вредного<br>производственного<br>фактора                                                                  | Средства<br>индивидуальной<br>защиты работника |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                                              | 3                                                                                                                                                                                                                    | 4                                              |
| 1        | Движущиеся машины и<br>механизмы                                                               | Проведение обучения<br>персонала; проведение<br>инструктажей;<br>контроль за<br>соблюдением правил<br>безопасности<br>выполнения работ,<br>применение устройств<br>ограничения;<br>применение знаков<br>безопасности | Каска защитная                                 |
| 2        | Подвижные части<br>производственного<br>оборудования;<br>передвигающиеся изделия,<br>заготовки | Проведение обучения<br>персонала; проведение<br>инструктажей;<br>контроль за<br>соблюдением правил<br>безопасности<br>выполнения работ;<br>применение                                                                | Каска защитная,<br>очки защитные               |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2                                                            | 3                                                                                                                                                                              | 4                                                                     |
|---|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|   |                                                              | ограничительных устройств;<br>применение автоматических предохранительных устройств и сигнализации;<br>применение дистанционного управления;<br>применение знаков безопасности |                                                                       |
| 3 | Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | Проведение обучения персонала; проведение инструктажей;<br>контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ;<br>ограждение оборудования                            | Спецодежда, рукавицы комбинированные, перчатки с полимерным покрытием |
| 4 | Повышенный уровень шума на рабочем месте                     | Проведение обучения персонала; проведение инструктажей;<br>контроль уровня шума; применение звукоизоляции источников шума;                                                     | Наушники противозумные, беруши                                        |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2                                                                                                          | 3                                                                                                                                                                                                                  | 4                                                       |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|   |                                                                                                            | применение звукопоглощающих экранов                                                                                                                                                                                |                                                         |
| 5 | Повышенный уровень вибрации                                                                                | Проведение обучения персонала; проведение инструктажей; применение виброгасящих опор на оборудовании и массивных фундаментов                                                                                       | Спецобувь, виброгасящий коврик                          |
| 6 | Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | Проведение обучения персонала; проведение инструктажей; контроль за соблюдением правил безопасности выполнения работ; применение систем защитного заземления, защитного отключения; применение знаков безопасности | Резиновый диэлектрический коврик, спецодежда, спецобувь |
| 7 | Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и                          | Проведение обучения персонала; проведение инструктажей; контроль соблюдения                                                                                                                                        | Спецодежда, спецобувь, рукавицы комбинированные,        |

Продолжение таблицы 4.3

| 1 | 2                  | 3                                     | 4                               |
|---|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
|   | оборудования       | правил безопасности выполнения работ. | перчатки с полимерным покрытием |
| 8 | Монотонность труда | Соблюдение режима работы и отдыха     |                                 |

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

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| №<br>п/п | Участок,<br>подразделе<br>ние                                               | Оборудован<br>ие                                                                                           | Класс пожара                                                                                            | Опасные<br>факторы<br>пожара                                                                           | Сопутствующ<br>ие<br>проявления<br>факторов<br>пожара                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                           | 3                                                                                                          | 4                                                                                                       | 5                                                                                                      | 6                                                                           |
| 1        | Участок механической обработки промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ | Фрезерно-центровальный 2Г942<br>Токарный с ЧПУ CL 1500<br>Вертикально сверлильный GHD-55PFA<br>Горизонталь | В - пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов | Пламя и искры;<br>тепловой поток;<br>повышенная температура окружающей среды;<br>повышенная концентра- | Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся технологических |

Продолжение таблицы 4.4

| 1 | 2 | 3                                                                                                                                                                           | 4 | 5                                                                                                                                                                                                                           | 6                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   | но-протяж-<br>ной H30-<br>6055PFA<br>Зубофрезер-<br>ный<br>YBS3112<br>Торце-<br>кругло-<br>шлифоваль-<br>ный GA-<br>3535CNC,<br>Кругло-<br>шлифовальн<br>ый GUN-<br>3540CNC |   | ция<br>токсичных<br>продуктов<br>горения и<br>термическо-<br>го<br>разложения;<br>пониженная<br>концентра-<br>ция<br>кислорода;<br>снижение<br>видимости в<br>дыму<br>(задымлен-<br>ных<br>пространст-<br>венных<br>зонах). | установок,<br>производст-<br>венного и<br>инженерно-<br>техничес-<br>кого<br>оборудова-<br>ния; вынос<br>(замыкание)<br>высокого<br>электричес-<br>кого<br>напряжения<br>на<br>токопроводя<br>щие части<br>технологич-<br>еских<br>установок,<br>оборудова-<br>ния. |

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (дипломного проекта)

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

|                                                                               |                                                                   |                                                                                |                                                                        |                                                                             |                                                                |                                                                                     |                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Первичные средства пожаротушения                                              | Мобильные средства пожаротушения                                  | Стационарные установки систем пожаротушения                                    | Средства пожаротушения автоматизированные                              | Пожарное оборудование                                                       | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре     | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)                         | Пожарные сигнализация, связь и оповещение                 |
| Пожарные щиты внутриквартирные, противопожарные, ящики с песком, огнетушители | Пожарные автомобили, пожарные автоцистерны, пожарные автолестницы | Системы автоматического пожаротушения и оборудование для пенного пожаротушения | Приборы приемно-контрольные, пожарные, технические средства оповещения | Пожарные гидранты, пожарные колонки, пожарные краны, пожарные пеносмесители | Огнестойкие накладки, респираторы, противогазы, самоспасатели, | Механизированный инструмент для резки и перекусывания, ломы, багры, топоры, лопаты. | Автоматическая пожарная сигнализация, пожарные извещатели |

#### 4.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

| Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта      | Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий                                                                                                                                                         | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Технологический процесс обработки промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ | Проведение инструктажей по пожарной безопасности и обучение персонала действиям в случае пожара, контроль за правильной эксплуатацией и содержанием оборудования, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров | Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, соблюдение мер противопожарной безопасности, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре |



#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

По виду реализуемого производственно-технологического процесса, и осуществляемой функциональной эксплуатацией техническим объектом - необходимо провести идентификацию негативных экологических факторов, результаты которой отражены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование технического объекта, технологического процесса | Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п. | Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду) | Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения) | Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.) |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                            | 2                                                                                                                                                                                                                                               | 3                                                                                            | 4                                                                                                                | 5                                                                                                                                                                                                                |
| Фрезерно-центро-                                             | Фрезерно-центровальный                                                                                                                                                                                                                          | Пары СОЖ                                                                                     | Механические примеси                                                                                             | Стружка, металлический                                                                                                                                                                                           |

Продолжение таблицы 4.7

| 1                      | 2                                                                  | 3        | 4                                        | 5                                  |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------|------------------------------------|
| вальная операция       | 2Г942                                                              |          | нефтепродукты, СОЖ                       | лом, ветошь                        |
| Токарная операция      | Токарный с ЧПУ CL 1500                                             | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |
| Сверлильная операция   | Вертикально-сверлильный GHD-55PFA                                  | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |
| Протяжная операция     | Горизонтально-протяжной Н30-60                                     | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |
| Зубофрезерная операция | Зубофрезерный YBS3112                                              | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |
| Шлифовальная операция  | Торцекруглошлифовальный GA-3535CNC, Круглошлифовальный GUH-3540CNC | Пары СОЖ | Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ | Стружка, металлический лом, ветошь |

Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта согласно нормативных документов.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

|                                                                                             |                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование<br>технического<br>объекта                                                     | Все операции технологического процесса изготовления промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ                                          |
| Мероприятия по<br>снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>атмосферу  | Электростатические фильтры                                                                                                                |
| Мероприятия по<br>снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>гидросферу | Песколовки, отстойники, механические фильтры, флотационные установки, физико-химическая очистка, контроль химического состава сточных вод |
| Мероприятия по<br>снижению<br>негативного<br>антропогенного<br>воздействия на<br>литосферу  | Переплавка стружки и лома, соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на утилизацию и захоронение                           |

#### 4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления промежуточного вала-шестерни гранулятора ОГМ, перечислены

технологические операции, должности работников, оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет их экономического обоснования для внедрения в ТП изготовления детали «Промежуточный вал-шестерня». Подробная информация, касающаяся всего технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому в качестве подведения итогов укажем только отличия между сравниваемыми вариантами и занесем их в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Краткая характеристика сравниваемых вариантов

| Базовый вариант                                                                                                                                                              | Проектируемый вариант                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                            | 2                                                                                                                                                                                                                         |
| 020 Сверлильная.<br>Оборудование – вертикально-сверлильный станок, модель GHD-55PFA.<br>Инструмент – сверло спиральное Р6М5 Ø19 мм. Приспособление – тиски с ручным зажимом. | 020 Сверлильная.<br>Оборудование – вертикально-сверлильный станок, модель GHD-55PFA.<br>Инструмент – сверло специальное для глубокого сверления Т15К10 Ø19 мм. Приспособление – тиски машинные с гидравлическим приводом. |
| 040 Зубофрезерная.<br>Оборудование – зубофрезерный станок, модель YBS3112.<br>Инструмент – фреза червячная Ø90 мм, Р9К10.                                                    | 040 Зубофрезерная.<br>Оборудование – зубофрезерный станок, модель YBS3112.<br>Инструмент – фреза червячная Ø90 мм, Р9К10.                                                                                                 |

Продолжение таблицы 5.1

| 1                                                                                                                | 2                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Приспособление – центра,<br>поводковый патрон Справочные<br>режимы резания.                                      | Приспособление – центра,<br>поводковый патрон. |
| Тип производства – среднесерийный<br>Условия труда – нормальные.<br>Форма оплата труда – повременно-премиальная. |                                                |

Перечисленные изменения позволяют существенно сократить трудоемкость выполнения данных операций, временные значения которой представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Трудоемкость выполнения токарных операций по сравниваемым вариантам

| Номер операции | Наименование<br>времени | Значение параметров |                      |
|----------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
|                |                         | Базовый<br>вариант  | Проектный<br>вариант |
| Сверлильная    | Штучное время, мин      | 1,9                 | 1                    |
|                | Основное время, мин     | 1,1                 | 0,2                  |
| Зубофрезерная  | Штучное время, мин      | 1,89                | 1,77                 |
|                | Основное время, мин     | 1,19                | 0,97                 |

Описанные изменения необходимы для проведения экономического обоснования целесообразности предложенных совершенствований, для этого нужно:

- определить капитальные вложения в проектируемый вариант;
- рассчитать технологической себестоимости выполнения операции по сравниваемым вариантам;
- составить калькуляцию полной себестоимости операции, также по сравниваемым вариантам;

– рассчитать экономическую эффективность предложенных совершенствований.

Чтобы осуществить перечисленные действия будем использовать методику экономического обоснования инженерных решений [28]. Согласно методике расчета капитальных вложений, представленной в представленной литературе была получена величина капитальных вложений в размере  $K_{ВВ.ПР} = 40612,73$  руб.

В состав технологической себестоимости входят: затраты на материал, основная заработная плата, начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам не изменились, поэтому расчет технологической себестоимости будем выполнять без затрат на материал, т.к. эти значения влияния на конечный результат не окажут. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Промежуточный вал-шестерня» по сравниваемым вариантам представлена на рисунке 5.1.

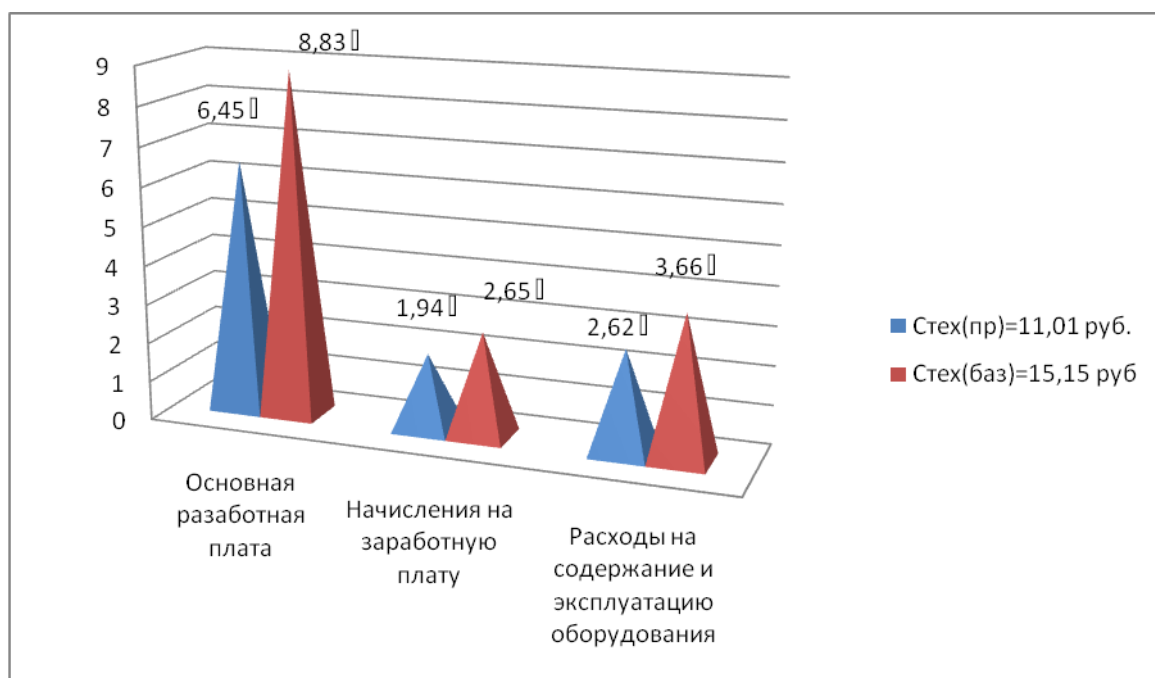


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости выполнения сравниваемых операций по вариантам

На базе представленной диаграммы осуществим определение величины

полной себестоимости описанных операций. Согласно расчетам по методике калькулирования [28] для базового варианта полная себестоимость составила 47,43 руб.; а по проектному варианту – 34,61 руб.

Далее, основываясь на полученных значениях, проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [28], согласно которой были получены следующие данные.

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{ПОЛ.БАЗ} - C_{ПОЛ.ПР}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (5.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (47,43 - 34,61) \cdot 4000 = 51280 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (5.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 51280 \cdot 0,2 = 10256 \text{ руб.}$$

$$P_{P.ЧИСТ} = P_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (5.3)$$

$$P_{P.ЧИСТ} = 51280 - 10256 = 41024 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{P_{P.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (5.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{40612,73}{41024} + 1 = 1,99 = 2 \text{ года}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = P_{P.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T P_{P.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1 + E)^t}, \text{ руб.} \quad (5.5)$$



$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 41024 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) = 50213,38, \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \text{ руб.} \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = 50213,38 - 40612,73 = 9600,65 \text{ руб.}$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ВВ.ПР}}} \text{ руб.} / \text{руб.} \quad (5.7)$$

$$\text{ИД} = \frac{50213,38}{40612,73} = 1,24 \text{ руб.} / \text{руб.}$$

Согласно проведенным расчетам, сделаем заключение относительно экономической обоснованности предложенного инженерного решения по операциям 020 и 040. В результате изменений достигнуто снижение себестоимости на 27,04%, что позволит получить чистую прибыль в размере 41024 руб. и окупить вложенные средства в течение 2-х лет. Эффективность предложенного инженерного решения доказана положительной величиной экономического эффекта в размере 9600,25 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы стало достижение всех поставленных целей, а именно:

- определен тип производства и стратегия разработки техпроцесса;
- выбран экономически обоснованный метод получения заготовки и проведено ее проектирование;
- рассчитаны припуски на обработку;
- разработан маршрут обработки, выбраны средства технологического оснащения и спроектирован план изготовления;
- спроектирована специальную технологическая оснастка и режущий инструмент;
- произведен анализ безопасности и экологичности технического объекта
- рассчитана экономическая эффективность работы.

Все это позволило добиться поставленной во введении цели, т.е. обеспечить качество изготовления промежуточного вала-шестерни при минимальных затратах и необходимом объеме выпуска.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 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. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
4. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 с.
5. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
6. 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.
7. 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.
8. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.

9. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.

10. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тamarin, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

11. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

12. 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.

13. [www.weber.ru](http://www.weber.ru)

14. Романенко, А.М. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Электрон. дан. - Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 103 с.

15. Шагун, В. И. Metallорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.

16. Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Байм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988.

17. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.

18. Ермолаев В.В. Технологическая оснастка. Лабораторно-практические работы и курсовое проектирование: учеб. пособ. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 320 с.

19. 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.
20. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.
21. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
22. Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364 с.
23. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении [Электронный ресурс] : учебник. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2015. - 309 с.
24. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.
25. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.
26. 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.
27. Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

28. Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

| Перв. примен. |          | Формат     | Зона                 | Поз.                  | Обозначение             | Наименование                | Кол. | Примечание |
|---------------|----------|------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|------|------------|
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         | Документация                |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          | A1         |                      |                       | 16.07.TM.536.008.000.CБ | Сборочный чертеж            |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         | Детали                      |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
| Справ. №      | A3       | 1          | 16.07.TM.536.008.001 | Призма                | 4                       |                             |      |            |
|               | A4       | 2          | 16.07.TM.536.008.002 | Ползушка              | 2                       |                             |      |            |
|               | A4       | 3          | 16.07.TM.536.008.003 | Рычаг                 | 3                       |                             |      |            |
|               | A4       | 4          | 16.07.TM.536.008.004 | Ось                   | 2                       |                             |      |            |
|               | A2       | 5          | 16.07.TM.536.008.005 | Толкатель             | 1                       |                             |      |            |
|               | A3       | 6          | 16.07.TM.536.008.006 | Корпус                | 1                       |                             |      |            |
|               | A3       | 7          | 16.07.TM.536.008.007 | Корпус пневмоцилиндра | 1                       |                             |      |            |
|               | A4       | 8          | 16.07.TM.536.008.008 | Шток                  | 1                       |                             |      |            |
|               | A3       | 9          | 16.07.TM.536.008.009 | Поршень               | 1                       |                             |      |            |
|               | A2       | 10         | 16.07.TM.536.008.010 | Крышка                | 1                       |                             |      |            |
|               | A3       | 11         | 16.07.TM.536.008.011 | Крышка                | 2                       |                             |      |            |
|               | A3       | 12         | 16.07.TM.536.008.012 | Крышка                | 1                       |                             |      |            |
|               | A4       | 13         | 16.07.TM.536.008.013 | Штырь                 | 1                       |                             |      |            |
| Подп. и дата  |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         | Стандартные изделия         |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          | 14         |                      |                       | Манжета                 | 1                           |      |            |
|               |          |            |                      |                       | ГОСТ 6967-60            |                             |      |            |
|               |          | 15         |                      |                       | Манжета                 | 1                           |      |            |
|               |          |            |                      |                       | ГОСТ 6967-60            |                             |      |            |
|               |          | 16         |                      |                       | Винт М5х20              | 4                           |      |            |
|               |          |            |                      |                       | ГОСТ 11871-78           |                             |      |            |
| Подп. и дата  |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
| Изм. № подл.  |          |            |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               | Изм.     | Лист       | № докум.             | Подп.                 | Дата                    | 16.07.TM.536.008.000        |      |            |
|               | Разраб.  | Лебедев    |                      |                       |                         | Приспособление<br>станочное |      |            |
|               | Пров.    | Логинов    |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               | Н.контр. | Виткалов   |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               | Утв.     | Бабровский |                      |                       |                         |                             |      |            |
|               |          |            |                      |                       |                         | Лит.                        | Лист | Листов     |
|               |          |            |                      |                       |                         | Д                           | 1    | 2          |
|               |          |            |                      |                       |                         | ТГУ, ТМдз-1101              |      |            |



[illegible]

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Маршрутные карты



| А    | Цех                                                                                                                                                                                                                               | Уч | РМ | Опер | Код наименования операции | Код наименования оборудования | СМ | проф. | Р | УТ | КР | КОМД | ЕН | ОП | Кшт | Гроз | Тшт | Обозначение документа |  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|---------------------------|-------------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|-----|------|-----|-----------------------|--|
|      |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 19 | 396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец канцурный ОСТ 2И10.1-83 Т5К10;                                                                                                                                            |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 20 | 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.                                                                                                                                                                                           |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| 21   |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| А 22 | XX XX XX 015 4110 Токарная                                                                                                                                                                                                        |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Б 23 | 381101 Токарный СЛ 1500 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 158                                                                                                                                                                           |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| О 24 | Точить последовательно поверхность и торцы: Установ А пов. 4, 5, 12 $\phi 26,071_{-0,14}^{+0,14}$ ; $\phi 74,62_{-0,12}^{+0,12}$ ;                                                                                                |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| О 25 | 112,275 $_{-0,14}^{+0,14}$ ; Установ Б 21, 22 $\phi 26,071_{-0,14}^{+0,14}$ ; 112,275 $_{-0,14}^{+0,14}$ .                                                                                                                        |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 26 | 396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец канцурный ОСТ 2И10.1-83 Т30К4; 392101 Резец канцурный ОСТ 2И10.1-83 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.                                                               |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 27 |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| 28   |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| А 29 | XX XX XX 020 4121 Сверлильная                                                                                                                                                                                                     |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Б 30 | 381213 Сверлильный GND-55PFA 3 15292 312 1Р 1 1 1 1200 1 157                                                                                                                                                                      |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| О 31 | Сверлить: Установ А пов. 26, 32, в размер $\phi 18_{-0,21}^{+0,21}$ ; $\phi 9,6_{-0,10}^{+0,10}$ ; 47 $_{-0,35}^{+0,35}$ ; 79 $_{-0,35}^{+0,35}$ ; Установ Б пов. 36 в размер $\phi 18_{-0,21}^{+0,21}$ ; 79 $_{-0,35}^{+0,35}$ . |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| О 32 |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 33 | 396171 Тиски самоцентрирующие специальные: 391303 Сверло специальное Т5К10; 391303 Сверло специальное комбинированное Т5К10; 393450 Нутромер НМ ГОСТ10-80.                                                                        |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 34 |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| 35   |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| А 36 | XX XX XX 025 4110 Токарная                                                                                                                                                                                                        |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Б 37 | 381101 Токарный СЛ 1500 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 151                                                                                                                                                                           |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| О 38 | Растачивать: Установ А: пов. 26, 28, 29 в размер $\phi 19_{-0,084}^{+0,084}$ ; 75 $_{-0,07}^{+0,07}$ ; Установ Б: пов. 33, 35, 36 в размер $\phi 19_{-0,084}^{+0,084}$ ; 75 $_{-0,07}^{+0,07}$ .                                  |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| О 39 |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 40 | 396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец расточной ОСТ 2И10.1-83 Т30К4;                                                                                                                                                |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| Т 41 | 393450 Нутромер НМ ГОСТ10-80.                                                                                                                                                                                                     |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |
| МК   |                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |      |                           |                               |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |                       |  |

| А    | Цех                                                                                                      | Уч | РМ | Опер | Код наименования операции | Обозначение документа |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|---------------------------|-----------------------|-------|-----|----|----|------|----|------|-----|------|
|      |                                                                                                          |    |    |      |                           | СМ                    | граф. | Р   | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП   | Кшт | Проз |
| Б    | Код наименования оборудования                                                                            |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| А 69 | XX XX XX 030 4121 Сверлильная                                                                            |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Б 70 | 381213 Сверлильный GND-55PFA                                                                             |    |    |      |                           | 3                     | 15292 | 312 | 1P | 1  | 1    | 1  | 1200 | 1   | 10   |
| О 71 | Сверлить пов. 34, 27 в размер $\phi 5^{+0.048}_{-0.048}$                                                 |    |    |      |                           | 50                    | 110   |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Т 72 | 396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 391267 Сверло $\phi 5$ ГОСТ 10903-77 Р6М5;                  |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Т 73 | 393450 Нутромер НМ ГОСТ 10-80.                                                                           |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| 74   |                                                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| А 75 | XX XX XX 035 4181 Протяжная                                                                              |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Б 76 | 381751 Горизонтально-протяжной Н30-660                                                                   |    |    |      |                           | 3                     | 16458 | 312 | 1P | 1  | 1    | 1  | 1200 | 1   | 152  |
| О 77 | Протягивать пов. 30, 31, 32 в размер $\phi 11^{+0.018}_{-0.018}$ , $\phi 14^{+0.011}_{-0.011}$           |    |    |      |                           | 3                     |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Т 78 | 396171 Приспособление специальное; 392302 Протяжка специальная Р18; 393610 Шаблон.                       |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| 79   |                                                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| А 80 | XX XX XX 040 4153 Зубофрезерная                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Б 81 | 381572 Зубофрезерный YBS3112                                                                             |    |    |      |                           | 3                     | 12287 | 312 | 1P | 1  | 1    | 1  | 1200 | 1   | 177  |
| О 82 | Фрезеровать пов. 13, 14 в размер 10-й степени точности                                                   |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Т 83 | 396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391814 Фреза червячная $\phi 90$ ГОСТ 9324-80 Р18; 393610 Шаблон. |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| 84   |                                                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| А 85 | XX XX XX 045 4162 Зубофасочная                                                                           |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Б 86 | 381574 Зубофасочный ВС-500                                                                               |    |    |      |                           | 3                     | 12287 | 312 | 1P | 1  | 1    | 1  | 1200 | 1   | 15   |
| О 87 | Обработать в размер $15 \pm 30$                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Т 88 | 396171 Патрон цанговый специальный; 391810 Фреза Р6М5 специальная; 393610 Шаблон.                        |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| 89   |                                                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| А 90 | XX XX XX 050 4157 Зубошлифовальная                                                                       |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |
| Б 91 | 381574 Зубошлифовальный ZS 150                                                                           |    |    |      |                           | 3                     | 12287 | 312 | 1P | 1  | 1    | 1  | 1200 | 1   | 172  |
| МК   |                                                                                                          |    |    |      |                           |                       |       |     |    |    |      |    |      |     |      |

| A     | Цех                                                                                                                                                      | Уч | РМ | Опер | Код, наименование операции | СМ | граф. | Р | УТ | КР | КОИД | ЕН | ОП | Кшт | Гроз | Шшт |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|----------------------------|----|-------|---|----|----|------|----|----|-----|------|-----|
| Б     | Код, наименование оборудования                                                                                                                           |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 0 94  | Шевинговать пов. 13 в размер 8-й степени точности                                                                                                        |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Т 95  | 396171 Патрон цанговый специальный; 391810 Шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75 Р18; 393610 Шаблон.                                                           |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 96    |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| А 97  | XX XX XX 055 Термическая                                                                                                                                 |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 98    |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| А 99  | XX XX XX 060 4142 Центрошлифовальная                                                                                                                     |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Б 100 | 381317 Центрошлифовальный ZSM 5100 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 0.98                                                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 0 101 | Шлифовать поверхность: пов. 2, 24 в размер Ø19 <sup>+0,033</sup>                                                                                         |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Т 102 | 396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82; 393610 Шаблон.                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Т 103 |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 104   |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| А 105 | XX XX XX 065 4130 Торцекруглошлифовальная                                                                                                                |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Б 106 | 381311 Торцекруглошлифовальный GA3535 318873 312 1Р 1 1 1 1200 1 12                                                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 0 107 | Шлифовать: Установ А. пов. 4, 5 в размер Ø25,433 <sup>+0,054</sup> ; 128,8 <sup>+0,033</sup> ; 128,8 <sup>+0,054</sup> ; Установ Б пов. 21, 22 в размер. |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 0 108 | Ø25,433 <sup>+0,033</sup> ; 128,8 <sup>+0,054</sup>                                                                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Т 109 | 396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скода рычажная.                                                                      |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 110   |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| А 111 | XX XX XX 070 4131 Шлифовальная                                                                                                                           |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Б 112 | 381311 Круглошлифовальный GUN-3540CNC 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 145                                                                                    |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 0 113 | Шлифовать поверхность 12 в размер Ø74 <sup>+0,1</sup>                                                                                                    |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| Т 114 | 396171 Патрон цанговый специальный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скода рычажная                                                                       |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| 115   |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| А 116 | XX XX XX 075 4130 Торцекруглошлифовальная                                                                                                                |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |
| МК    |                                                                                                                                                          |    |    |      |                            |    |       |   |    |    |      |    |    |     |      |     |



[illegible]

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

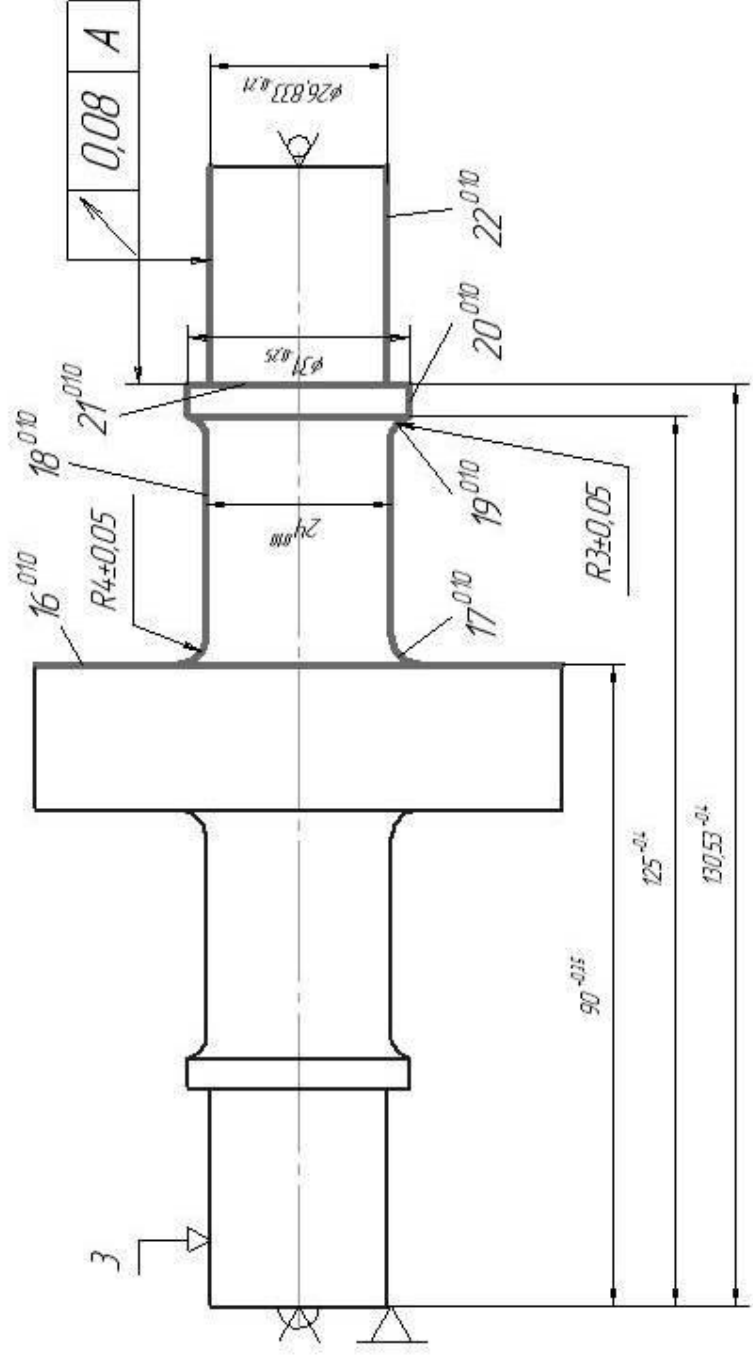
### Операционные карты





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

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| Вал-шестерня |  | 010 |
|              |  |     |
|              |  |     |
|              |  |     |

 $\sqrt{Ra^{12,5}}$ 

[illegible]

[illegible]

[illegible]

