



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 \_\_\_\_\_ Вдовенко Денис Сергеевич \_\_\_\_\_ гр. ТМбз-1132

1. Тема \_\_\_\_\_ Технологический процесс изготовления детали «червяк» дифференциала  
фрезерного станка

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе \_\_\_\_\_ материалы преддипломной  
практики, чертеж детали программа выпуска  $N_2=5000$  дет./год

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 станочного приспособления*

*4) Проектирование режущего инструмента*

*5) Безопасность и экологичность технического объекта*

*б) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

## АННОТАЦИЯ

Данная бакалаврская работа направлена на разработку технологического процесса изготовления детали «червяк» дифференциала фрезерного станка. Осуществлено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами. Разработана конструкция режущего инструмента – зенкер. На токарную операцию разработано автоматизированное зажимное устройство. Техпроцесс сопровождается технологической документацией.

Работа состоит из ..... страниц расчетно-пояснительной записки. Графическая часть состоит из 7 листов формата А1.

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ	6
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
1.1 Назначение и условия работы детали	7
1.2 Классификация поверхностей	7
1.3 Анализ требований к поверхностям детали	8
1.4 Формулировка задач работы	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	12
2.1 Определение типа производства	12
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса	12
2.3 Выбор метода получения заготовки	13
2.4 Выбор методов обработки поверхностей	15
2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали	17
2.6 Определение припусков	18
2.7 Проектирование заготовки	24
2.8 Выбор средств технологического оснащения	26
2.9 Расчет режимов резания	32
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	55
3.1 Анализ исходных данных операции	55
3.2 Определение крутящего момента и сил резания	56
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	60
4.1 Описание исходных данных	60
4.2 Проектирование режущего инструмента	61
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
ПРИЛОЖЕНИЯ

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выбору методов достижения требуемой точности машины предшествует изучение ее рабочих чертежей. В результате изучения чертежей выявляются состав, связь и взаимодействие всех сборочных единиц и деталей, составляющих машину.

Приступая к выбору методов достижения требуемой точности машины, необходимо сформулировать задачи, которые требуется решить в процессе достижения ее точности. Эти задачи вытекают из требований к точности машины, и каждая из них касается обеспечения точности одного из параметров размерной связи. При проведении конструктором точностных расчетов уже были избраны методы достижения требуемой точности каждого из параметров. Технологию необходимо вскрыть заложенные в конструкцию машины методы достижения ее точности, оценить, удачен ли их выбор при заданной программе выпуска, проверить правильность постановки размеров и допусков в чертежах машины и наличие компенсаторов, если достижение требуемой точности каких-либо параметров предполагается вести методом регулировки и пригонки.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления детали «червяк» дифференциала фрезерного станка заданного качества, с минимальной себестоимостью, используя современные средства.

# 1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Назначение и условия работы детали.

Деталь - червяк предназначена для восприятия крутящего момента в приводе станка от шестерни, посредством боковой поверхности шпоночного паза, к червячному колесу.

## 1.2 Классификация поверхностей.

Проведём классификацию поверхностей детали, для этого пронумеруем их. Эскиз классификации поверхностей представлен на рис. 1.1.

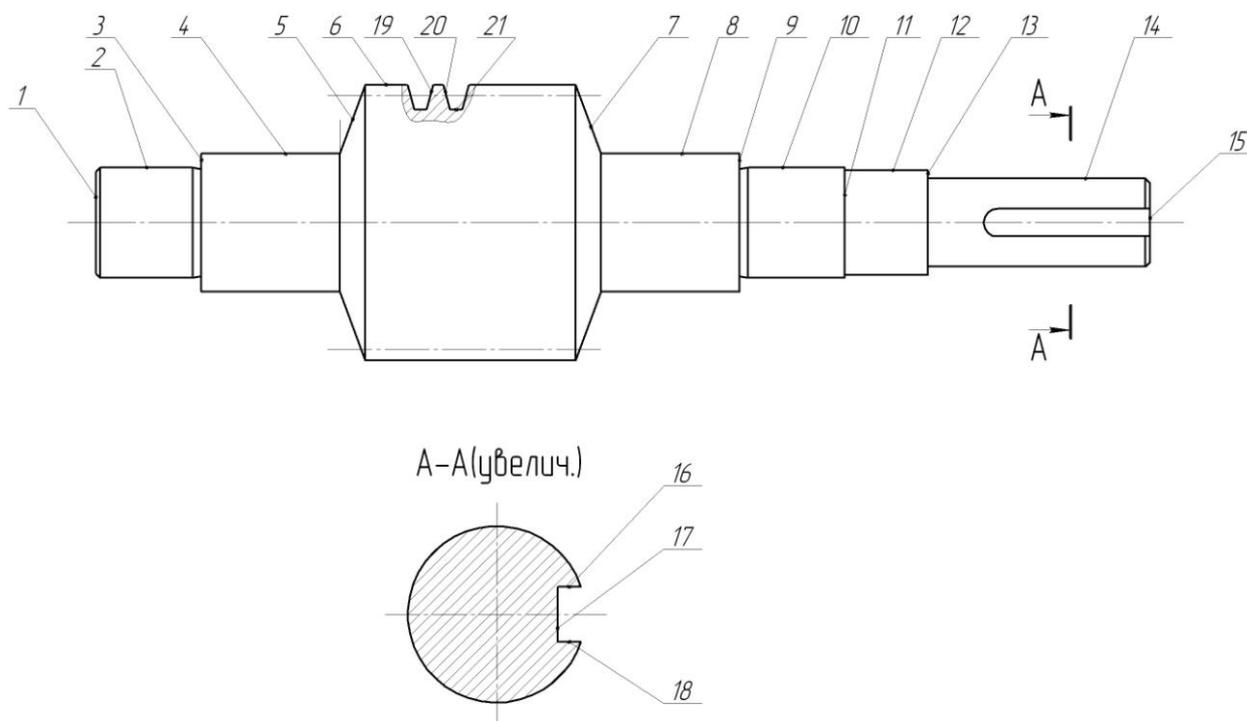


Рисунок 1.1. Систематизация поверхностей детали

Целью систематизации является выявление служебного назначения поверхностей детали для качественного составления технологического процесса.

Результаты систематизации занесем в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Исполнительные поверхности	16, 18, 19, 20
Основные конструкторские базы	2, 3, 10
Вспомогательные конструкторские базы	9, 12, 14, 17
Свободные поверхности	остальные

Исполнительными называются те поверхности, которые выполняют служебное назначение детали. [1] У нашей детали это боковые стороны шпоночного паза (16 и 18) и боковые поверхности захода модульной резьбы (19 и 20).

Основными конструкторскими базами называются поверхности, при помощи которых деталь ориентируется в узле. Ими являются цилиндрические поверхности под подшипники (2 и 10) и торцевая поверхность 3.

Вспомогательными конструкторскими базами называются поверхности, которые осуществляют ориентацию всех остальных деталей относительно данной. У нашей детали это поверхность 17 для шпонки, второй торец подшипниковой шейки 9, шейка вала 12 под втулку распорную и поверхность 14 обеспечивает посадку шестерни.

Все оставшиеся поверхности будут являться свободными.

### 1.3. Анализ требований к поверхностям детали.

Используя источник литературы [2], проанализируем химический состав и физико-механические свойства материала детали (сталь 40Х). Данные занесем в таблицу 1.2 и 1.3.

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

Хим. Элемент	Содержание, %
C (углерод)	0,36...0,44
Fe (железо)	около 97
Si (кремний)	0,17...0,37
Mn (марганец)	0,5...0,8
Ni (никель)	до 0,30
S (серы)	до 0,035
P (фосфор)	до 0,035
Cr (хром)	0,8...1,1
Cu (медь)	до 0,30

Таблица 1.3 - Физико-механические свойства стали 40X

$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	HВ
МПа	МПа	%	%	Дж/см <sup>2</sup>	до
275	530	15	32	29	197

Согласно данным таблиц 1.2 и 1.3, свойства материала сталь 45X ГОСТ 4543-71 по характеристикам соответствуют необходимым требованиям, предъявляемым нашей детали.

Условиями работы детали продиктованы требования по шероховатости и точности поверхностей. Снижение точности поверхностей приведёт к снижению позиционирования детали в узле и снижению надёжности узла в целом.

Конструкцией детали предусмотрены канавки технологические для выхода резца при точении и шлифовального круга на шлифовальных станках.

Заготовку для детали можно получить прокатом или штамповкой на ГКШП. И в том, и в другом случае форма заготовки получится достаточно простая.

Конструкция детали позволяет надёжно устанавливать и обрабатывать её механическим способом, она также удобна для контроля любой поверхности. Это позволяет применять в основном универсальный, а реже специализированный инструмент.

Таким образом, проанализировав требования, предъявляемые к поверхностям детали, можно сделать вывод о достаточной её технологичности.

#### 1.4 Формулировка задач работы.

Выполнив анализ технических требований, сформулируем задачи, которые будут решаться для достижения цели: разработка технологического процесса изготовления детали «червяк» дифференциала фрезерного станка заданного качества с минимальной себестоимостью, используя современные средства. Вот эти задачи: [3]

- 1) определить тип производства и разработать стратегию выполнения технологического процесса;
- 2) выполнить технико-экономический расчёт, выбрать метод получения и спроектировать заготовку;
- 3) разработать технологический маршрут обработки детали, выбрать схемы базирования, выполнить план изготовления детали;
- 4) выбрать средства технологического оснащения на каждую операцию ТП (оборудование, приспособления, режущий и мерительный инструмент);
- 5) рассчитать или выбрать припуски по операциям ТП;
- 6) рассчитать операции ТП, а именно выполнить расчёт режимов резания, времени обработки, определить содержание операций, спроектировать наладки;

7) на одну из операций техпроцесса спроектировать режущий инструмент;

8) к одной из операций спроектировать станочное приспособление.

Решению поставленных задач посвящены последующие разделы работы.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 2.1 Определение типа производства.

Для формирования стратегии разработки техпроцесса выберем тип производства, который зависит на первом этапе от массы детали и годовой программы выпуска. Для нашего случая ( $m = 7,55$  кг,  $N_r = 5000$  шт/год) выберем тип производства из табл. 2.1. [4]

Таблица 2.1 - Определение типа производства

Масса детали, кг	Количество изготавливаемых одинаковых деталей в год, шт				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийное	Массовое
< 1	< 100	100-2000	1500-100000	75000-200000	>200000
1,0 - 2,5	< 100	100-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5 – 5,0	< 100	100-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0 - 10	< 10	10 – 300	300-25000	25000-50000	>50000
10 - 30	< 10	10 – 200	200-10000	10000-25000	>25000
> 30	< 5	5 - 100	100-300	300-1000	>1000

При массе детали 7,55 кг и годовой программе выпуска в 5000 деталей в год, производство соответствует среднесерийному типу.

### 2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.

В зависимости от вышеопределенного типа производства выберем стратегию разработки технологического процесса, способствующую обеспечению заданного выпуска деталей, заданного качества с наименьшими затратами.

Руководствуясь [4], принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса:

- 1) форма организации – переменного-поточная;

- 2) повторяемость изделий – периодическое повторение партий;
- 3) заготовка – штамповка на ГKM или прокат;
- 4) припуск на обработку – незначительный;
- 5) расчет припусков – подробный по переходам;
- 6) оборудование – универсальное, специализированное с ЧПУ;
- 7) загрузка оборудования – периодическая смена деталей на станках;
- 8) коэффициент закрепления операций –  $K_{30}=10\dots 20$ .
- 9) настройка станков – по измерительным инструментам и приборам;
- 10) оснастка – универсальная и специальная;
- 11) подробность разработки – операционные и маршрутные карты;
- 12) расчёт режимов резания – по отраслевым нормативам и эмпирическим формулам;
- 13) нормирование – детальное пооперационное;
- 14) квалификация рабочих – различная;
- 15) использование достижений науки – значительное.

### 2.3 Выбор метода получения заготовки.

Метод получения заготовки определяется типом детали, её материалом, сложностью формы, типом производства и т.д. Для данной детали рациональными методами получения заготовки являются прокат и штамповка. Эти способы в равной степени позволяют обеспечить необходимую точность заготовки. Задачей раздела является определение себестоимости при производстве заготовки этими методами.

Проведём технико-экономический анализ получения заготовки для заданной детали прокатом и штамповкой.

Таблица 2.2 - Исходные данные

Наименование показателей	Способ 1	Способ 2
Вид заготовки	Штамповка	Прокат Ø105x385

Продолжение табл. 2.2

Класс точности/сложности	3/2	-
Масса заготовки, кг	10,5	26,1
Стоимость 1 кг заготовок, принятых за базу $C_{заг}$ , руб	0,315	0,115
Стоимость 1 кг стружки $C_{отх}$ , руб	0,0144	0,0144
Масса детали, кг	7,55	7,55

Определим стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке [6].

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

где  $E_n$  – нормальный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$$E_n = 0,15 \text{ [6];}$$

$C_c$  – текущие затраты на 1 кг стружки, руб/кг;  $C_c = 0,495$  руб/кг – для машиностроения в целом [6];

$C_k$  – капитальные затраты на 1 кг стружки, руб/кг;  $C_k = 1,085$  руб/кг – для машиностроения в целом [6].

Тогда по формуле (2.1) имеем:

$$C_{мех} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578 \text{ руб/кг.}$$

Определяем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой [6].

$$C_{заг} = C_{шт} \cdot k_t \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_m \cdot k_n, \quad (2.2)$$

где  $C_{шт}$  – базовая стоимость 1 кг штампованных заготовок, руб;  $C_{шт} = 0,315$  руб [6];

$k_t$  – коэффициент, зависящий от класса точности;  $k_t = 0,9$  – для третьего класса точности [6];

$k_c$  – коэффициент, зависящий от группы сложности;  $k_c = 0,84$  – для второй группы сложности [6];

$k_b$  – коэффициент, зависящий от массы заготовки;  $k_b = 1,14$  – для заготовки массой от 10 до 20 кг [6];

$k_M$  - коэффициент, зависящий от марки материала;  $k_M = 1,0$  – для стали 40Х [6];

$k_{\Pi}$ - коэффициент, зависящий от объема производства;  $k_{\Pi} = 1,0$  [6].

Тогда по формуле (2.2) имеем:

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

Далее определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой [6].

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

где  $Q_{шт}$  – масса заготовки, кг;  $Q_{шт} = 10,5$  кг – по расчету;

$q$  – масса детали, кг;  $q = 7,55$  кг – по условию;

$C_{отх}$  – цена 1 кг отходов, руб/кг;  $C_{отх} = 0,0144$  руб/кг – для стальной стружки [6].

Тогда по формуле (2.3) имеем:

$$C_{шт} = 0,2715 \cdot 10,5 + 0,6578 (10,5 - 7,55) - (10,5 - 7,55) \cdot 0,0144 = 4,7489 \text{ руб.}$$

Определяем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом [6].

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

где  $Q_{пр}$  – масса заготовки из проката, кг;  $Q_{пр} = 26,1$  кг – по расчёту.

Тогда по формуле (2.4) имеем:

$$C_{пр} = 0,1219 \cdot 26,1 + 0,6578 (26,1 - 7,55) - (26,1 - 7,55) \cdot 0,0144 = 15,1167 \text{ руб.}$$

Итак, по технологической себестоимости наиболее экономичным является вариант изготовления детали из заготовки, полученной штамповкой.

При этом мы наблюдаем годовую экономию:

$$\Delta_2 = C_{пр} - C_{шт} \cdot N_2 = (15,1167 - 4,7489) \cdot 5000 = 51839 \text{ руб.}$$

#### 2.4 Выбор методов обработки поверхностей.

Качество обрабатываемой поверхности, а именно точность, определяемая качеством ИТ, и шероховатость  $Ra$ , зависят от метода её обработки. Метод завершающей обработки, т. е. содержание

завершающего перехода, берём из показателей, назначенных рабочим чертежом. В зависимости от содержания первого и последнего переходов, установим промежуточные. При определении маршрутов обработки пытаемся снизить разнообразие применяемого оборудования, приспособлений, и инструментов.

Методы обработки поверхностей сведены в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Квалитет точности	Шероховатость Ra	Последовательность обработки
1	14	12,5	Центровально-подрезная
2	6	0,4	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое, Полирование
3	14	12,5	Точение черновое
4	14	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
5	14	12,5	Точение черновое
6	9	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
7	14	12,5	Точение черновое
8	14	3,2	Точение черновое, Точение чистовое
9	14	0,8	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое
10	6	0,4	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое, Шлифование чистовое, Полирование
11	14	12,5	Точение черновое
12	11	12,5	Точение черновое, Точение чистовое
13	14	12,5	Точение черновое

Продолжение табл. 2.3

14	8	1,6	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование черновое
15	14	12,5	Центровально- подрезная
16	9	3,2	Шпоночно-фрезерная
17	12	12,5	Шпоночно-фрезерная
18	9	3,2	Шпоночно-фрезерная
19	7	0,8	Резьбофрезерная, Резьбошлифовальная
20	12	12,5	Резьбофрезерная
21	7	0,8	Резьбофрезерная, Резьбошлифовальная

## 2.5 Разработка технологического маршрута изготовления детали.

В зависимости от методов обработки поверхностей выполним маршрут обработки, представленный в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Маршрут обработки детали

№ оп.	Наименование операции	Номера обрабатываемых поверхностей	IT	Ra
000	Заготовительная	Все	16	40
005	Центровально-подрезная	Центровые отверстия	12	3,2
			14	6,3
010	Токарная черновая	10, 12, 14	12	12,5
		7, 8, 9, 11, 13	14	12,5
015	Токарная черновая	2, 6	12	12,5
		3, 4, 5	14	12,5
020	Токарная чистовая	10, 14	9	3,2
		12	11	3,2
		7, 8, 9	14	6,3

Продолжение табл. 2.4

025	Токарная чистовая	2, 6	9	3,2
		4	14	3,2
		3, 5	14	12,5
030	Шпоночно-фрезерная	16, 18	9	3,2
		17	14	12,5
040	Резьбофрезерная	18	10	3,2
		19, 20	9	3,2
050	Центрошлифовальная	центровочные отверстия		
055	Торцекруглошлифовальная черновая	9	14	1,6
		10, 14	8	1,6
060	Круглошлифовальная черновая	2	8	1,6
065	Торцекруглошлифовальная чистовая	9	14	0,8
		10	6	0,8
070	Круглошлифовальная чистовая	2	6	0,8
075	Резьбошлифовальная	19, 20	7	0,8
080	Полировальная	10	6	0,4
085	Полировальная	2	6	0,4

## 2.6 Определение припусков.

Определяем припуски на обработку самой точной поверхности расчётно-аналитическим методом. Расчет припусков будем вести по размерам поверхности под подшипники  $\varnothing 40k6^{(+0,018}_{+0,002)}$  мм. Технологический маршрут обработки данной поверхности состоит из: точения черного, точения чистового, термообработки, шлифования черного и шлифования чистового.

Исходные данные:

$$1. D = \varnothing 40k6 \begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix} \text{ мм}; L = 34 \text{ мм}; Ra = 0,4 \text{ мкм}.$$

На данную поверхность назначаем переходы:

- 1) токарная черновая обработка;
- 2) токарная чистовая обработка;
- 3) шлифование черновое;
- 4) шлифование чистовое;
- 5) полирование.

Результаты расчётов занесём в таблицу 2.5, начиная с заготовительной операции.

Для каждого перехода определяем суммарную величину

$$a = R_z + h_o,$$

где  $R_z$  – максимальная высота неровностей профиля поверхности, мм;

$h_o$  – глубина дефектного слоя, мм.

Значения заносим в графу 5 таблицы 2.5.

По формуле

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

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004, \text{ мм}.$$

$$\Delta_{05} = 0,25 \cdot 0,016 = 0,004, \text{ мм}.$$

Определяем погрешность установки  $\varepsilon$  заготовки в приспособлении на каждом переходе. В нашем случае до термообработки заготовка устанавливается в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, так как присутствуют большие силы резания и обеспечивается достаточная точность.

Определяем предельные значения припусков на обработку для каждого перехода, кроме 0 и Т0.

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{\sigma_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \cdot [6]$$

Здесь  $i$  – параметр, который указывает на выполняющийся в настоящее время переход;

( $i-1$ ) – относится к предыдущему переходу.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\sigma_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,625^2 + 0,025^2} = 1,025 \text{ , мм.}$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\sigma_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263 \text{ , мм.}$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{\sigma_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125 \text{ , мм.}$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\sigma_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060 \text{ , мм.}$$

$$Z_{5\min} = a_4 + \sqrt{\sigma_4^2 + \varepsilon_5^2} = 0,025 + \sqrt{0,004^2 + 0} = 0,029 \text{ , мм.}$$

Максимальное значение припуска определяем по формуле

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(\sigma_{d_{i-1}} + Td_i) \cdot [7]$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(\sigma_{d_0} + Td_1) = 1,025 + 0,5(2,500 + 0,250) = 2,400 \text{ , мм.}$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(\sigma_{d_1} + Td_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419 \text{ , мм.}$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(\sigma_{d_2} + Td_3) = 0,125 + 0,5(0,062 + 0,039) = 0,176 \text{ , мм.}$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(\sigma_{d_3} + Td_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,016) = 0,088 \text{ , мм.}$$

$$Z_{5\max} = Z_{5\min} + 0,5(\sigma_{d_4} + Td_5) = 0,029 + 0,5(0,016 + 0,016) = 0,045 \text{ , мм.}$$

Значения заносим в графы 8 и 9 таблицы, округляя их в сторону увеличения до того знака после запятой, с каким задан допуск на размер для данного качества точности.

$$d_{5\min} = 40,002 \text{ мм.}$$

$$d_{5\max} = 40,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4\min} = d_{5\max} + 2Z_{5\min} = 40,018 + 2 \cdot 0,029 = 40,076 \text{ , мм.}$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + Td_5 = 40,076 + 0,016 = 40,092 \text{ , мм.}$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2Z_{4\min} = 40,092 + 2 \cdot 0,060 = 40,212 \text{ , мм.}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 40,212 + 0,016 = 40,228, \text{ мм.}$$

$$d_{T0\min} = d_{3\max} + 2Z_{3\min} = 40,228 + 2 \cdot 0,125 = 40,478, \text{ мм.}$$

$$d_{T0\max} = d_{T0\min} + Td_{T0} = 40,478 + 0,100 = 40,578, \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = d_{T0\min} - 0,999 = 40,578 - 0,999 = 40,537, \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 40,537 + 0,062 = 40,599, \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2Z_{2\min} = 40,599 + 2 \cdot 0,263 = 41,125, \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 41,125 + 0,250 = 41,375, \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2Z_{1\min} = 41,375 + 2 \cdot 1,025 = 43,425, \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 43,425 + 2,5 = 45,925, \text{ мм.}$$

Округляем значения  $d_{\min}$  и  $d_{\max}$  в сторону увеличения и заносим в графы 11 и 12 таблицы.

Определяем средние значения размера для каждого перехода по формуле

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

$$d_{cp0} = 0,5 (d_{0\max} + d_{0\min}) = 0,5(45,925 + 43,425) = 44,675, \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = 0,5 (d_{1\max} + d_{1\min}) = 0,5(41,375 + 41,125) = 41,250, \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = 0,5 (d_{2\max} + d_{2\min}) = 0,5(40,599 + 40,537) = 40,568, \text{ мм.}$$

$$d_{cpT0} = 0,5 (d_{T0\max} + d_{T0\min}) = 0,5(40,478 + 40,578) = 40,528, \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = 0,5 (d_{3\max} + d_{3\min}) = 0,5(40,228 + 40,212) = 40,220, \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = 0,5 (d_{4\max} + d_{4\min}) = 0,5(40,092 + 40,076) = 40,084, \text{ мм.}$$

$$d_{cp5} = 0,5 (d_{5\max} + d_{5\min}) = 0,5(40,018 + 40,002) = 40,010, \text{ мм.}$$

Значения заносим в графу 13 таблицы.

Определяем общий припуск на обработку по формулам

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{5\max}$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_5$$

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

$$2Z_{\min} = 43,425 - 40,010 = 3,415, \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 3,415 + 2,5 + 0,016 = 5,931, \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(5,931 + 3,415) = 4,673, \text{ мм.}$$

Значения  $2Z_{\min}$ ,  $2Z_{\max}$  и  $2Z_{\text{ср}}$  заносим в нижнюю строку в графы 8, 9 и 10 таблицы 2.5.

Схема расположения допусков приведена на рисунке 2.1.

Таблица 2.5 - Припуски и операционные размеры на пов.  $\varnothing 40k6^{(+0,018 / +0,002)}$  мм.

№ пов.	Наименов. перехода	Точность		Составляющие припуска			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		IT	Td, мм	a	$\Delta$	$\epsilon$	Z <sub>min</sub>	Z <sub>max</sub>	Z <sub>cp</sub>	d <sub>min</sub>	d <sub>max</sub>	d <sub>cp</sub>
0	Штамповка	16	2,500	0,4	0,625	-	-	-	-	43,425	45,925	44,675
1	Точение черновое	12	0,250	0,2	0,063	0,025	1,025	2,400	1,713	41,125	41,375	41,250
2	Точение чистовое	9	0,062	0,1	0,016	0	0,263	0,419	0,341	40,537	40,599	40,568
3	Термическая обработка	10	0,100	0,5	0,025	0	-	-	-	40,478	40,578	40,528
4	Шлифование черновое	7	0,039	0,025	0,010	0	0,125	0,176	0,101	40,212	40,228	40,220
5	Шлифование чистовое	6	0,016	0,01	0,004	0	0,060	0,088	0,074	40,076	40,092	40,084
6	Полирование	6	0,016	0,005	0,004	0	0,029	0,045	0,037	40,002	40,018	40,010
Суммарный припуск 2Z							2Z <sub>min</sub> =3,415	2Z <sub>max</sub> =5,931	2Z <sub>cp</sub> =4,673			

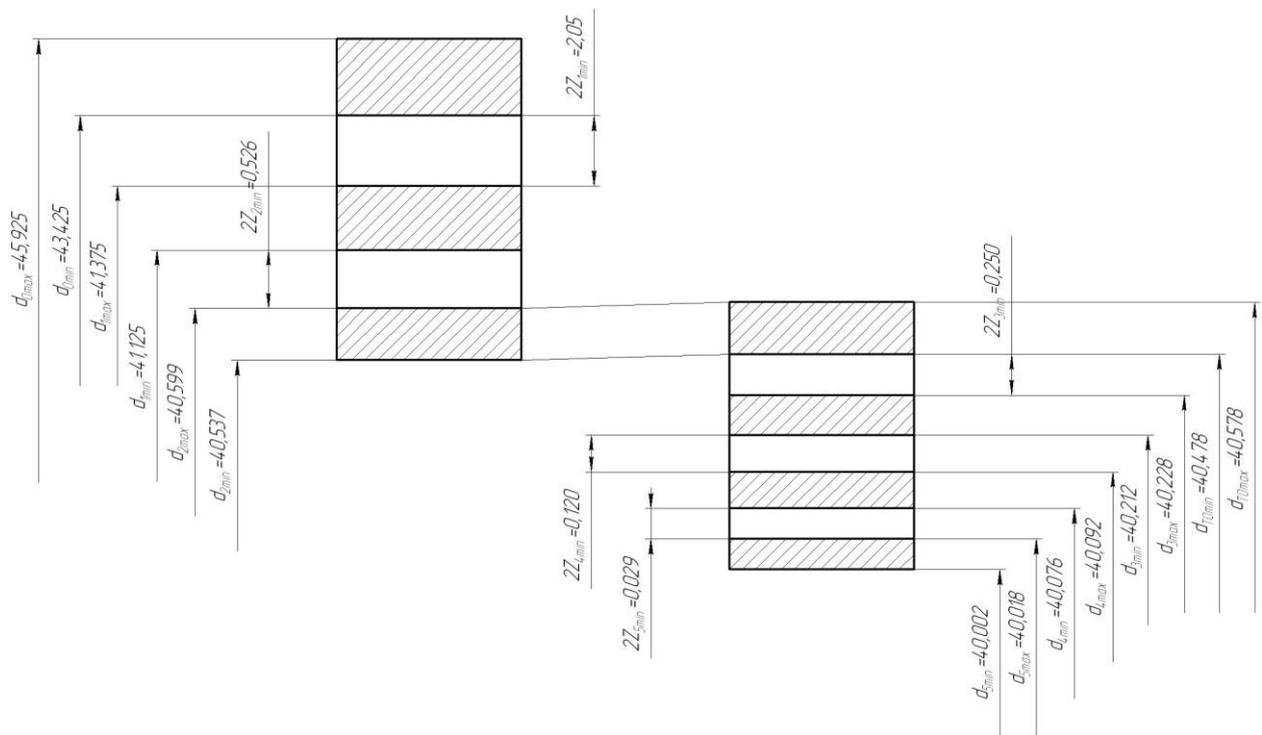


Рисунок 2.1. Схема расположения припусков и полей допусков на поверхность  $\text{Ø}40\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$ .

## 2.7 Проектирование заготовки.

При проектировании заготовки нужно учесть следующие параметры:

- 1) припуски, необходимые под обработку;
- 2) наличие черновых баз (в данном случае на операции 005 «Центровально-подрезная» в качестве черновых баз берутся поверхности 2, 7 и 14);
- 3) так же при проектировании заготовки необходимо учитывать технические требования, предъявляемые к точности штамповки, и штамповочные уклоны.

Для штамповки по ГОСТ 7505-89 выбираем:

- 1) Группа стали (сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65% включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0% включительно) принимаем М2 [8].
- 2) Штамповка на ГКШП относится к классу точности Т3.
- 3) Определим степень сложности поковки.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объёма)  $G_{\Pi}$  поковки к массе (объёму)  $G_{\Phi}$  геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой.

В нашем случае такой подходящей геометрической фигурой является цилиндр.

Массы штамповки и цилиндра найдём с помощью трехмерного проектирования.

$$G_{\Pi} = 10,5 \text{ кг.}$$

$$G_{\Phi} = 26,1 \text{ кг.}$$

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{10,5}{26,1} = 0,40.$$

Степень сложности поковки выберем по таблице 2.6 [8].

Таблица 2.6. Выбор степени сложности поковки

Степень сложности поковки	Показатель $\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}}$
C1	свыше 0,63
C2	от 0,32 до 0,63 включительно
C3	от 0,16 до 0,32 включительно
C4	до 0,16

По этому показателю оцениваем степень сложности штамповки C2.

4) Определим исходный индекс штамповки для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений.

По ГОСТ 7505-89 [8] определяем исходный индекс заготовки – 13.

## 2.8 Выбор средств технологического оснащения.

### 2.8.1 Выбор оборудования.

Данные по выбору оборудования заносим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Выбор технологического оборудования.

Номер и наименование операции	Оборудование
005 Центровально-подрезная	Центровально-подрезной
010 Токарная черновая с ЧПУ	двусторонний станок 2А911-1 Токарный станок с ЧПУ модели СА500СФ3К
015 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ модели СА500СФ3К
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ модели СА500СФ3К
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ модели СА500СФ3К
030 Шпоночно-фрезерная	Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д
035 Резьбофрезерная	Резьбофрезерный станок модели КУ- 240
045 Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок модели 3923
050 Торцекруглошлифовальная черновая	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ модели ХШ4-104Ф20
055 Круглошлифовальная черновая	Круглошлифовальный станок с ЧПУ модели 3М153Ф2
060 Торцекруглошлифовальная черновая	Торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ модели ХШ4-104Ф20

Продолжение табл. 2.7

065 Круглошлифовальная черновая	Круглошлифовальный станок с ЧПУ модели 3М153Ф2
070 Резьбошлифовальная	Резьбошлифовальный станок модели 5887
075 Полировальная	Шлифовально-полировальный станок модели 6П-100М
080 Полировальная	Шлифовально-полировальный станок модели 6П-100М
085 Моечная	Моечная машина
090 Контрольная	Контрольный стол

#### 2.8.2 Выбор приспособлений.

Данные по выбору приспособлений занесем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор приспособлений.

Номер и наименование операции	Приспособления
005 Центровально-подрезная	Призмы опорные ГОСТ 12195 - 86
010 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
015 Токарная черновая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
020 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
025 Токарная чистовая с ЧПУ	Токарный поводковый патрон ГОСТ 2571-71
030 Шпоночно-фрезерная	Приспособление специальное с призмами
035 Резьбофрезерная	-

Продолжение табл. 2.8

045	Центрошлифовальная	-
050	Торцекруглошлифовальная черновая	1) Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80; 2) Центр упорный ГОСТ 13214 - 79
055	Круглошлифовальная черновая	1) Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80; 2) Центр упорный ГОСТ 13214 - 79
060	Торцекруглошлифовальная чистовая	1) Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80; 2) Центр упорный ГОСТ 13214 - 79
065	Круглошлифовальная чистовая	1) Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80; 2) Центр упорный ГОСТ 13214 - 79
070	Резьбошлифовальная	Приспособление специальное
075	Полировальная	1) Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80; 2) Центр упорный ГОСТ 13214 - 79
080	Полировальная	1) Мембранный патрон (кулачковый) ГОСТ 3889-80; 2) Центр упорный ГОСТ 13214 - 79

### 2.8.3 Выбор режущего инструмента.

Данные по выбору режущего инструмента сведем в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Выбор режущего инструмента

Номер и наименование операции	Режущий инструмент
005 Центровально-подрезная	1) Сверло центровочное Р6М5 ГОСТ 14952-75;
	2) Четырёхгранная пластина Т15К6

Продолжение табл. 2.9

	19051-73 – 2 шт.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.
015 Токарная черновая с ЧПУ	Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73.
025 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Резец сборный проходной правый Т15К6 ГОСТ 18878-73; 2) Резец канавочный Т15К6 ГОСТ 18885-73.
030 Шпоночно-фрезерная	Фреза шпоночная Р6М5 ГОСТ Р 53003-2008.
035 Резьбофрезерная	Фреза резьбовая Р6М5 ГОСТ 1336-77
045 Центрошлифовальная	Шлифовальный круг 1 6' 10' 3.5' 24А F25 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
050 Торцекруглошлифовальная черновая	Шлифовальный круг 1 250' 30' 76.2' 24А F40 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
055 Круглошлифовальная черновая	Шлифовальный круг 1 250' 30' 76.2' 24А F40 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
Продолжение табл. 2.9	
060 Торцекруглошлифовальная черновая	Шлифовальный круг 1 250' 30' 76.2' 24А F25 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р

		52781-2007.
065	Круглошлифовальная чистовая	Шлифовальный круг 1 250' 30' 76.2' 24А F25 К6 V 40м/с 2кл.ГОСТ Р 52781-2007.
070	Резьбошлифовальная	Червячный шлифовальный круг 1 80' 30' 50' 24А F25 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781-2007.
075	Полировальная	Лепестковый полировальный круг 300' 20' 76.2' 25АМ28КВ ГОСТ Р 51967-2002
080	Полировальная	Лепестковый полировальный круг 300' 20' 76.2' 25АМ28КВ ГОСТ Р 51967-2002

#### 2.8.4 Выбор средств контроля.

Выберем средства контроля и сведем данный выбор в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 - Выбор средств контроля

Номер и наименование операции	Мерительный инструмент
005 Центровально-подрезная	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89; 2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77.
010 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89.
Продолжение табл. 2.10	
015 Токарная черновая с ЧПУ	Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89.
020 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-

	0,05 ГОСТ 166-89;
	2) Микрометр ГОСТ 6507-90.
025 Токарная чистовая с ЧПУ	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;
	2) Микрометр ГОСТ 6507-90.
030 Шпоночно-фрезерная	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;
	2) Калибр-пробка для контроля отверстий ГОСТ 3882-77;
	3) Спец. шаблон
035 Резьбфрезерная	1) Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89;
	2) Калибр для контроля модельной резьбы;
	3) Спец. шаблон
045 Центрошлифовальная	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
050 Торцекруглошлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
055 Круглошлифовальная черновая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
060 Торцекруглошлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80
065 Круглошлифовальная чистовая	Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80.
Продолжение табл. 2.10	
070 Резьбошлифовальная	1) Прибор активного контроля БВ-6060-УНВ-40 ГОСТ 8517-80;
	2) Калибр для контроля модельной резьбы.

075 Полировальная	Профилограф-профилометр 19300-86	ГОСТ
080 Полировальная	Профилограф-профилометр 19300-86	ГОСТ

## 2.9 Расчёт режимов резания.

2.9.1 Расчёт режимов резания на операцию 005 Центровально-подрезная.

Подрезать два торца, выдерживая размер  $380 \pm 0,7$ ; сверлить центровые отверстия с двух сторон, выполняя размеры  $60^\circ \pm 30'$ ,  $\varnothing 4$ , 5, 3,9; проточить поверхность 2, выдерживая размеры  $\varnothing 41 \pm 0,125$ ,  $20 \pm 0,5$ .

Переход 1. Подрезать два торца, выдерживая размер  $380 \pm 0,7$ .

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [9] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [9] определим скорость  $V_0 = 180$  м/мин.

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2 = 1,0$  – для твёрдого сплава Т15К6 [9];

$K_3 = 1,0$  – при стойкости инструмента  $T = 60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 46} = 1246,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Так как точение и сверление центровых отверстий ведётся одновременно, то принимаем общую минимальную частоту вращения, а это частота сверления отверстий, поэтому  $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 46 \cdot 500}{1000} = 72,2 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{24}{150} = 0,16 \text{ мин.}$$

Переход 2. Сверлить центровые отверстия с двух сторон, выполняя размеры  $60^{\circ} \pm 30'$ ,  $\text{Ø}4, 5, 3,9$ .

$$L = L_P + L_{II} + L_D, \quad [9]$$

где  $L_P$  – длина резания;

$L_{II}$  – величина подвода, врезания и перебега инструмента;

$L_D$  – дополнительная длина хода, вызываемая в ряде случаев особенностями наладки и конфигурации детали.

$$L_{\bar{I}} = 1 \text{ мм.}$$

$$L_{\bar{A}} = 0 \text{ мм.}$$

$$L = 8,9 + 1 + 0 = 9,9 \text{ , мм.}$$

Определим стойкость инструментов.

$$T_P = T_M \cdot \lambda,$$

где  $T_M$  – стойкость в минутах основного времени работы станка;

$\lambda$  – коэффициент времени резания, равный отношению длины резания

$L_P$  инструмента к общей длине рабочего хода шпиндельной головки  $L_{P.X}$ .

$$\lambda = \frac{L_P}{L_{P.X}} \approx 1.$$

$$T_M = 60 \text{ мин.}$$

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

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Рассчитаем скорость резания  $v$ , частоту вращения инструментальных шпинделей  $n$ , а также минутную подачу  $S_M$ .

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

где  $v_{ТАБ}$  – скорость резания по таблице, м/мин;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной на карте С-3 [9];

$K_3$  – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента.

$$v_{ТАБ} = 15 \text{ м/мин.}$$

$$K_1 = 0,75.$$

$$K_2 = 1,0.$$

$$K_3 = 0,95.$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 10,7}{3,14 \cdot 8} = 426, \text{ мин}^{-1}.$$

На центровочные сверла нанесем покрытие TiN, тогда примем  $n = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним значение скорости резания.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 500}{1000} = 12,6, \text{ м/мин.}$$

$$S_M = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 500 = 100, \text{ мм/мин.}$$

Рассчитаем основное время на обработку  $T_0$ .

$$T_0 = \frac{L_{P.X}}{S_M} = \frac{9,9}{100} = 0,10, \text{ мин.}$$

Переход 3. Проточить поверхность 2, выдерживая размеры  $\varnothing 41 \pm 0,125$ ,  $20 \pm 0,5$ .

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [9] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [9] определим скорость  $V_0 = 180$  м/мин.

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2 = 1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [9];

$K_3 = 1,0$  – при стойкости инструмента  $T = 60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 41} = 1416 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка принимаем  $n_{\phi} = 1250 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 41 \cdot 1250}{1000} = 160,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1250 = 475 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{21}{475} = 0,04 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,16 + 0,10 + 0,04 = 0,30 \text{ , мин.}$$

### 2.9.2 Расчёт режимов резания на операцию 010 Токарная черновая.

Точить поверхность 14, выдерживая размер  $\varnothing 32,9 \pm 0,125$ ; точить поверхность 13, выдерживая размер  $300 \pm 0,65$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 38,6_{-0,25}$ ; точить поверхность 11, выдерживая размер  $270 \pm 0,65$ ; точить поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 40,92 \pm 0,125$ ; точить поверхность 9, выдерживая размер  $232,6 \pm 0,575$ ; точить поверхность 8, выдерживая размер  $\varnothing 50,6_{-0,62}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размеры  $20^\circ \pm 1^\circ$ ,  $182,2 \pm 0,575$ .

Глубина резания  $t = 2,5$  мм.

По [9] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [9] определим скорость  $V_0 = 180$  м/мин.

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2 = 1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [9];

$K_3 = 1,0$  – при стойкости инструмента  $T = 60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 105} = 546,0 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\phi}=500 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 105 \cdot 500}{1000} = 164,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{240}{150} = 1,60 \text{ мин.}$$

### 2.9.3 Расчёт режимов резания на операцию 015 - Токарная черновая.

Точить поверхность 2, выдерживая размер  $\text{Ø}40,92 \pm 0,125$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер  $342,3 \pm 0,7$ ; точить поверхность 4, выдерживая размер  $\text{Ø}50,6_{-0,62}$ ; точить поверхность 5, выдерживая размеры  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$ ,  $292,2 \pm 0,65$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\text{Ø}100,6h12_{(-0,35)}$ .

Глубина резания  $t = 2,5 \text{ мм}$ .

По [9] определим подачу  $S_0=0,3 \text{ мм/об}$ .

По [9] определим скорость  $V_0=180 \text{ м/мин}$ .

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Принимаем

$K_1=1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2=1,0$  – для твёрдого сплава Т15К6 [9];

$K_3=1,0$  – при стойкости инструмента  $T=60 \text{ мин}$ ;

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

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 100,6} = 569,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\phi} = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,6 \cdot 500}{1000} = 157,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{198}{150} = 1,32 \text{ мин.}$$

#### 2.9.4 Расчёт режимов резания на операцию 020 Токарная чистовая.

Выполнить канавку, выдерживая размеры 3,5, 0,5, R1; выполнить фаску 1,6x45°; точить поверхность 14, выдерживая размер  $\varnothing 32,3 \pm 0,031$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 38_{-0,24}^{-0,08}$ ; точить поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 40,32 \pm 0,031$ ; точить поверхность 9, выдерживая размер  $232,3 \pm 0,575$ ; точить поверхность 8, выдерживая размер  $\varnothing 50_{-0,62}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размеры  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$ ,  $182 \pm 0,575$ .

Переход 1. Выполнить канавку, выдерживая размеры 3,5, 0,5, R1.

Глубина резания  $t = 0,8 \text{ мм}$ .

По [9] определим подачу  $S_0 = 0,3 \text{ мм/об}$ .

По [9] определим скорость  $V_0 = 180 \text{ м/мин}$ .

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1=1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2=1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [9];

$K_3=1,0$  – при стойкости инструмента  $T=60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 40,5} = 1415,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\phi}=1250 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40,5 \cdot 1250}{1000} = 159,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 1250 = 375 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{3}{375} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2. Выполнить фаску  $1,6 \times 45^\circ$ ; точить поверхность 14, выдерживая размер  $\varnothing 32,3 \pm 0,031$ ; точить поверхность 12, выдерживая размер  $\varnothing 38_{-0,24}^{-0,08}$ ; точить поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 40,32 \pm 0,031$ ; точить поверхность 9, выдерживая размер  $232,3 \pm 0,575$ ; точить поверхность 8, выдерживая размер  $\varnothing 50_{-0,62}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размеры  $20^\circ \pm 1^\circ$ ,  $182 \pm 0,575$ .

Глубина резания  $t = 0,3$  мм.

По [9] определим подачу  $S_0=0,2$  мм/об.

По [9] определим скорость  $V_0=180$  м/мин.

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Принимаем

$K_1=1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2=1,0$  – для твёрдого сплава Т15К6 [9];

$K_3=1,0$  – при стойкости инструмента  $T=60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 100,6} = 577,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\phi}=500$  мин<sup>-1</sup>.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,6 \cdot 500}{1000} = 157,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{236}{150} = 1,57 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 1,57 = 1,58, \text{ мин.}$$

### 2.9.5 Расчёт режимов резания на операцию 025 - Токарная чистовая.

Выполнить канавку, выдерживая размеры R1, 0,5, 3; выполнить фаску 1,6x45°; точить поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 40,32 \pm 0,031$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер  $342 \pm 0,7$ ; точить поверхность 4,

выдерживая размер  $\varnothing 50_{-0,62}$ ; точить поверхность 5, выдерживая размеры  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$ ,  $292 \pm 0,65$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\varnothing 100h9_{(-0,087)}$ .

Переход 1. Выполнить канавку, выдерживая размеры R1, 0,5, 3.

Глубина резания  $t = 0,8$  мм.

По [9] определим подачу  $S_0 = 0,3$  мм/об.

По [9] определим скорость  $V_0 = 180$  м/мин.

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Принимаем

$K_1 = 1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2 = 1,0$  – для твердого сплава Т15К6 [9];

$K_3 = 1,0$  – при стойкости инструмента  $T = 60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 32,6} = 1758,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\phi} = 1600 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32,6 \cdot 1600}{1000} = 163,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

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

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{3}{480} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 2. Выполнить фаску  $1,6 \times 45^\circ$ ; точить поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 40,32 \pm 0,031$ ; точить поверхность 3, выдерживая размер  $342 \pm 0,7$ ; точить поверхность 4, выдерживая размер  $\varnothing 50_{-0,62}$ ; точить поверхность 5, выдерживая размеры  $20^\circ \pm 1^\circ$ ,  $292 \pm 0,65$ ; точить поверхность 6, выдерживая размер  $\varnothing 100h9_{(-0,087)}$ .

Глубина резания  $t = 0,3$  мм.

По [9] определим подачу  $S_0 = 0,2$  мм/об.

По [9] определим скорость  $V_0 = 180$  м/мин.

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

где  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;

$K_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности;

$K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий материал резца;

$K_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане.

Примем

$K_1 = 1,0$  – для стали 40Х [9];

$K_2 = 1,0$  – для твёрдого сплава Т15К6 [9];

$K_3 = 1,0$  – при стойкости инструмента  $T = 60$  мин;

Тогда  $V = 180 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 180$  м/мин.

Частота вращения

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 100} = 573,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_\phi = 500 \text{ мин}^{-1}$ .

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 500}{1000} = 157,0 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 500 = 150 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} = \frac{198}{150} = 1,32 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \sum T_{0i} = 0,01 + 1,32 = 1,33, \text{ мин.}$$

2.9.6 Расчёт режимов резания на операцию 030 - Шпоночно-фрезерная.

Фрезеровать поверхности 16, 17 и 18, выдерживая размеры  $10P9_{-0,051}^{-0,015}$ ,  $88 \pm 0,435$ ,  $R5^{+0,3}$ ,  $27_{-0,2}$ .

Глубина резания  $t = 5$  мм. Количество проходов 1.

По [9] определим подачу  $S_Z = 0,025$  мм/зуб. [9]

Определим подачу на оборот шпинделя по формуле

$$S_0 = S_Z \cdot z,$$

где  $z = 2$  – количество зубьев фрезы.

$$S_0 = 0,025 \cdot 2 = 0,05, \text{ мм/об.}$$

Скорость резания определим по формуле:

$$V = \frac{C_V D^q K_V}{T^m t^x S_0^y},$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_0$  – подача, мм/об;

$C_V$  – постоянный коэффициент, учитывающийся при сверлении;

$q, m, x, y$  – показатели степени;

$K_V$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания.

$$K_V = K_{MV} K_{UV} K_{LV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент на качество обрабатываемого материала;

$K_{UV}$  – коэффициент на инструментальный материал;

$K_{LV}$  – коэффициент, учитывающий глубину отверстия.

Принимаем

$$K_{MV} = 1,0 \text{ – для стали 40X [9];}$$

$K_{UV} = 0,5$  – для инструментального материала Р6М5;

$K_{LV} = 1,0$ .

Отсюда  $K_V = 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,5$ .

Скорость резания определим по формуле, приняв для этого:

$D=10$  мм;  $t = 5$  мм;  $S_0=0,05$  мм/об;  $C_V=7,0$ ;  $K_V=0,5$ ;  $q=0,4$ ;  $x=0$ ;  $y=0,7$ ;  
 $m=0,2$ ;  $T=30$ мин.

Окончательно по формуле имеем:

$$V = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 5^0 \cdot 0,05^{0,7}} \cdot 0,5 = 36,3, \text{ м/мин.}$$

Частоту вращения определяем по формуле  $n = \frac{1000V}{\pi D}$ .

$$n = \frac{1000 \cdot 36,3}{3,14 \cdot 10} = 1156, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n=1000$  мин<sup>-1</sup>.

$$\text{Тогда } V_\phi = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1000}{1000} = 31,4, \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,05 \cdot 1000 = 50, \text{ мм/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

Основное время определим по формуле, приняв для этого:

$n_{отв}=1$ ;  $L_{px}=60$  мм, количество проходов 1.

Окончательно имеем:

$$T_0 = \frac{1 \cdot 60}{50} = 1,20 \text{ мин.}$$

### 2.9.7 Расчёт режимов резания на операцию 035 - Резьбофрезерная.

Фрезеровать поверхности 19, 20 и 21, выдерживая размеры  $20^\circ$ ,  $11^\circ 19'$ ,  $z=2$ ,  $92_{-0,035}$ ,  $\gamma=11^\circ 19'$ ,  $m=4$ .

Выберем скорость резания и подачу на зуб фрезы.

Для конструкционных сталей при твердости 120-200 НВ

$$V = 30 \text{ м/мин}; S_Z = 0,05 \text{ мм/зуб.}$$

При фрезеровании гребенчатой фрезой основное время [9]

$$T_0 = \frac{1,2}{n_3} = 1,2 \frac{\pi \cdot d_H}{S_Z \cdot z \cdot n},$$

где  $n_3$  – частота вращения заготовки,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$d_H$  – минимальный диаметр обрабатываемой наружной резьбы;

$S_Z$  – подача,  $\text{мм/зуб}$ ;

$z$  – число зубьев фрезы, зависящее от принятого диаметра фрезы  $D_\Phi$ . При обработке наружной резьбы  $D_\Phi$  принимают по таблице 2.11.

Таблица 2.11 - Выбор диаметра фрезы при наружном нарезании резьбы

$D_\Phi$	10-20	22-33	36-48	50	63	80	100
$Z$	6	8	10	12	14	16	18

$n$  – частота вращения инструмента,  $\text{мин}^{-1}$ .

Принимаем  $D_\Phi = 100$  мм, тогда  $Z = 18$ .

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 100} = 95,5, \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\text{факт}} = 80, \text{ мин}^{-1}$ .

Уточним фактическую скорость резания

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{1000} = 25,1, \text{ м/мин.}$$

Тогда основное время

### 2.9.8 Расчёт режимов резания на операцию 045 - Центрошлифовальная.

Шлифовать центровые отверстия, выдерживая размеры  $60^\circ \pm 15'$ .

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 8' 10' 3' 24А F25 K6 V 40 м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 - 2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твёрдость – К;

Структура – б;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 8 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [9].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [9].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [9].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [9].

Основное время определим по формуле

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

где  $L_{УСК}$ ,  $S_{УСК}$  – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [9].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{8}{500} + \frac{5}{100} + 0,05 = 0,12, \text{ мин.}$$

### 2.9.9 Расчёт режимов резания на операцию 050 - Торцекруглошлифовальная черновая.

Шифовать поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 40,12 \pm 0,019$ ;

шлифовать поверхность 9, выдерживая размер  $232,1 \pm 0,575$ ; шлифовать

поверхность 14, выдерживая размер  $\varnothing 32_{-0,064}^{-0,025}$ .

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 30' 76,2' 24А F40 K6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 - 2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 40;

Твёрдость – К;

Структура –б;

Связка – V;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [9].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [9].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [9].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [9].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 222,9, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где  $L_{УСК}$ ,  $S_{УСК}$  – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [9].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{120}{100} + 0,05 = 1,57, \text{ мин.}$$

2.9.10 Расчёт режимов резания на операцию 055 Круглошлифовальная черновая.

Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 40,12 \pm 0,019$ .

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 30' 76,2' 24А F40 К6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 - 2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 40;

Твёрдость – К;

Структура – б;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [9].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [9].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [9].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [9].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40,12} = 277,8, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где  $L_{УСК}$ ,  $S_{УСК}$  – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [9].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{34,5}{100} + 0,05 = 0,50, \text{ мин.}$$

### 2.9.11 Расчёт режимов резания на операцию 060

Торцекруглошлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 40,02k6^{(+0,018)}$ ; шлифовать поверхность 9, выдерживая размер  $232 \pm 0,575$ .

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 30' 76,2' 24А F25 K6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 - 2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – К;

Структура – 6;

Связка – V(керамическая);

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [9].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [9].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [9].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [9].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 50} = 222,9, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где  $L_{УСК}$ ,  $S_{УСК}$  – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [9].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{160}{500} + \frac{120}{100} + 0,05 = 1,57, \text{ мин.}$$

2.9.12 Расчёт режимов резания на операцию 065 Круглошлифовальная чистовая.

Шлифовать поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 40,02k6^{(+0,018}_{+0,002})}$ .

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 250' 30' 76,2' 24А F25 K6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 - 2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – К;

Структура – 6;

Связка – V;

Диаметр круга - 250 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [9].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [9].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [9].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [9].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40,02} = 278,5, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где  $L_{\text{УСК}}$ ,  $S_{\text{УСК}}$  – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{\text{ВЫХ}}=0,05$  – время выхаживания [9].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{34,5}{100} + 0,05 = 0,50, \text{ мин.}$$

2.9.13 Расчёт режимов резания на операцию 070 Резьбошлифовальная.

Шлифовать поверхности 19 и 20, выдерживая размеры  $\text{Ø}92_{-0,035}$ ,  $20^\circ$ ,  $11^\circ 19'$ ,  $12,9 \pm 0,009$ ,  $7 \pm 0,007$ .

Характеристики шлифовального круга:

Круг 1 80' 30' 50' 24А F25 K6 V 40м/с 2кл. ГОСТ Р 52781 - 2007

Материал абразивного зерна – 24А;

Зернистость – 25;

Твердость – К;

Структура – 6;

Связка – V;

Диаметр круга - 80 мм.

Режимы резания определим, пользуясь данными [9].

Определим скорость резания  $V=35$  м/с [9].

Радиальная подача  $S_p=0,003$  мм/об или 0,4 мм/мин [9].

Скорость вращения заготовки  $V_3=35$  м/мин [9].

Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 V_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 100} = 111,5, \text{ об/мин.}$$

Основное время определим по формуле

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

где  $L_{УСК}$ ,  $S_{УСК}$  – соответственно длина и подача при ускоренных перемещениях;

$L_p$ ,  $S_p$  – соответственно длина и подача при рабочих перемещениях

$T_{ВЫХ} = 0,05$  – время выхаживания [9].

Тогда определим:

$$T_0 = \frac{50}{500} + \frac{150}{100} + 0,05 = 1,65, \text{ мин.}$$

#### 2.9.14 Расчёт режимов резания на операцию 075 Полировальная.

Полировать поверхность 10, выдерживая размер  $\varnothing 40k6^{+0,018}_{+0,002}$ .

Частота вращения шлифовального круга  $n_{кр} = 1112 \text{ мин}^{-1}$ .

Частота вращения детали  $n_{дет} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$ .

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор полировального круга:

Лепестковый полировальный круг 300' 20' 76.2' 25AM28KB ГОСТ Р 51967 - 2003

Для полирования выбираем круг с  $D_k = 300$  и  $V_k = 20$ . По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}.$$

Для стали 40X и заданном параметре шероховатости выбираем лепестковый круг зернистостью 8, углом наклона лепестков 0.

Для обработки по диаметру  $\varnothing 40$  мм назначаем скорость детали  $v = 25$  м/мин и определяем частоту её вращения:

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 40} = 183,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Назначим продольную подачу по [9]  $S_{пр} = 4$  м/мин.

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{уск} = 3 \cdot S_{пр} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ мм/мин.}$$

Радиальная деформация лепесткового круга

$$\delta = 1,5 \text{ мм.} \quad [9]$$

Основное время определяется по формуле

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $F$  – площадь обрабатываемой поверхности;

$T$  – высота лепесткового круга;

$K_1 = 1,0$  - коэффициент, зависящий от величин исходной и требуемой шероховатости поверхности;

$K_2 = 0,36$  - коэффициент, зависящий от диаметра лепесткового круга;

$K_3 = 0,82$  - коэффициент, зависящий от деформации лепесткового круга.

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 40 \cdot 33,5 = 4207,6, \text{ мм}^2.$$

$$T_0 = 10^{-2} \frac{4207,6}{63} 1 \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,20, \text{ мин.}$$

### 2.9.15 Расчёт режимов резания на операцию 080 Полировальная.

Полировать поверхность 2, выдерживая размер  $\varnothing 40k6^{(+0,018)}$ .

Частота вращения шлифовального круга  $n_{кр} = 1112 \text{ мин}^{-1}$ .

Частота вращения детали  $n_{дет} = 55 - 620 \text{ мин}^{-1}$ .

Мощность 17 кВт.

Способ установки детали на станке в центрах.

Охлаждение — эмульсия.

Выбор полировального круга.

Лепестковый полировальный круг 300' 20' 76.2' 25AM28KB ГОСТ Р 51967 - 2003

Для шлифования выбираем круг с  $D_k = 300$  и  $B_k = 20$ . По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}.$$

Для стали 40Х и заданном параметре шероховатости выбираем лепестковый круг зернистостью 8, углом наклона лепестков 0.

Для обработки по диаметру  $\varnothing 40$  мм назначаем скорость детали  $v = 25$  м/мин и определяем частоту её вращения:

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot D_d} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 40} = 183,8, \text{ мин}^{-1}.$$

Найденная частота вращения укладывается в паспортные данные станка.

Назначим продольную подачу по [9]  $S_{пр} = 4$  м/мин.

Назначим ускоренную подачу.

$$S_{вск} = 3 \cdot S_{пр} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ мм/мин}.$$

Радиальная деформация лепесткового круга

$$\delta = 1,5 \text{ мм.} \quad [9]$$

Основное время определяется по формуле

$$T_0 = 10^{-2} \cdot \frac{F}{T} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $F$  – площадь обрабатываемой поверхности;

$T$  – высота лепесткового круга;

$K_1 = 1,0$  - коэффициент, зависящий от величин исходной и требуемой шероховатости поверхности;

$K_2 = 0,36$  - коэффициент, зависящий от диаметра лепесткового круга;

$K_3 = 0,82$  - коэффициент, зависящий от деформации лепесткового круга.

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 40 \cdot 35 = 4396, \text{ мм}^2.$$

$$T_0 = 10^{-2} \frac{4396}{63} \cdot 0,36 \cdot 0,82 = 0,21, \text{ мин.}$$

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

#### 3.1 Анализ исходных данных операции.

На операции 030 Шпоночно-фрезерная выполняется фрезерование шпоночного паза детали. Задача раздела спроектировать станочное приспособление для осуществления теоретической схемы базирования заготовки на станке.

Содержание операции: Фрезеровать поверхности 16 и 18, выдерживая размеры  $10P9\begin{smallmatrix} -0,015 \\ -0,051 \end{smallmatrix}$ ,  $88\pm 0,435$ ,  $R5^{+0,3}$ ; фрезеровать поверхность 17, выдерживая размер  $27_{-0,2}$ .

Режимы обработки:  $t = 5$  мм;  $S_0 = 0,05$  мм/об;  $V = 62,8$  м/мин;  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>.

На рисунке 3.1 представлена схема обработки.

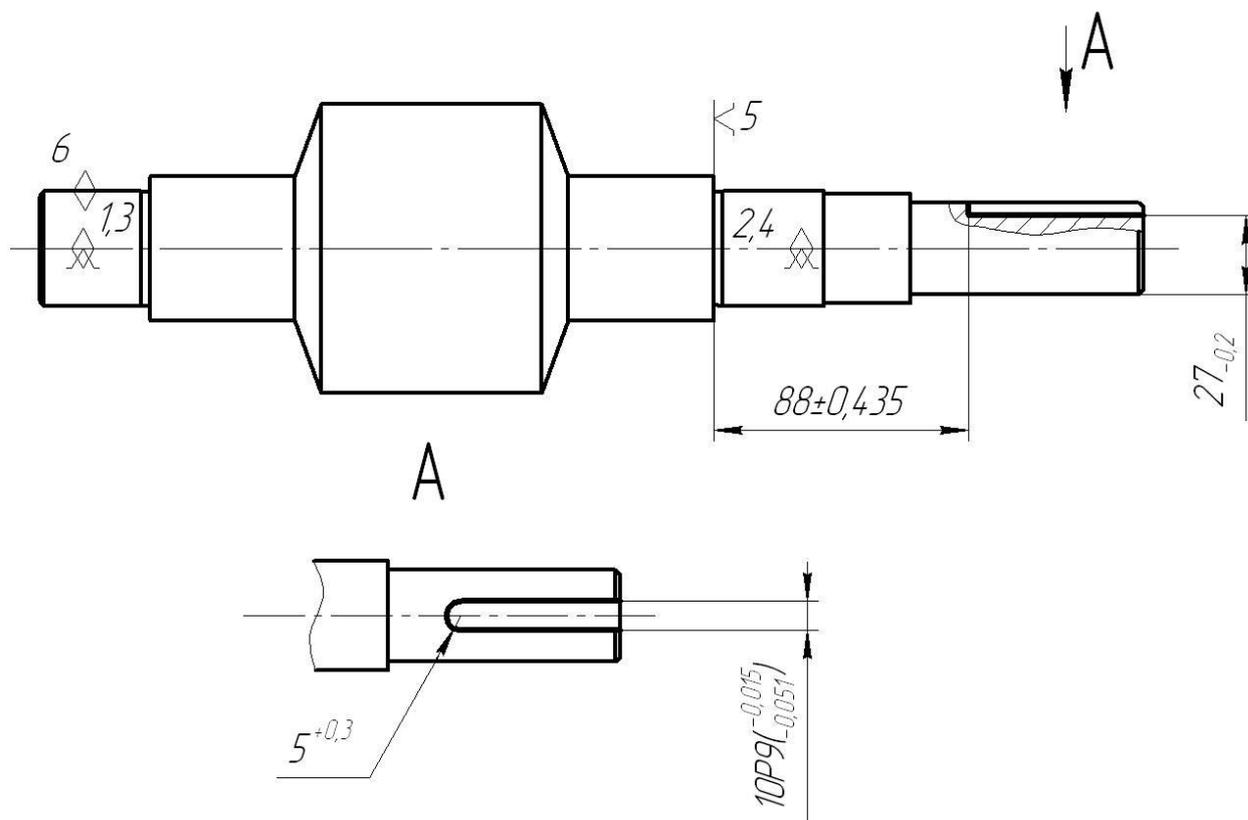


Рисунок 3.1. Схема обработки

Приспособлением является тиски с автоматическим пневматическим зажимом.

Болтами 22 к плите 1 прикреплена плита и планка 2. На ней смонтировано зажимное пневматическое устройство, а также губки 11 и 12.

Зажимное пневматическое устройство содержит в себе закреплённую между крышкой 6 и кольцом 5 диафрагму 4, а также перемещающийся во втулке 13 грибок 7.

Кольцо 5 и крышка соединяются между собой болтами.

Заготовку устанавливают между подвижной 11 и неподвижной 12 губками. На губках приспособления установлены призмы 29.

Заготовки закрепляют подвижной призмой, которая получает движение от рычага углового 8. Рычаг, в свою очередь, перемещается поступательно от грибка 7 вместе с диафрагмой 4.

Для освобождения заготовки, рычаг поворачивается в исходную позицию под воздействием пружины 17.

Подвижная губка перемещается по планкам 14.

Рычаг поворачивается на валике 9, закреплённом в скобе 10.

Для предохранения передающего механизма от попадания стружки на губке закрепляется планка 16.

### 3.2 Определение крутящего момента и сил резания.

В процессе обработки на заготовку действуют силы, которые стараются вырвать ее из приспособления, и крутящий момент, старающийся повернуть ее.

При фрезеровании величина окружной силы  $P_x$  определяется по формуле:

$$P_x = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (3.1)$$

где  $t=5$  –припуск, мм;  $C_p=68$  – постоянная величина;  $S_0=0,05$  – подача, мм/об;  $B = 10$  – ширина фрезерования, мм;  $D = 10$  – диаметр фрезы, мм;  $x=0,86$ ;  $y=0,74$ ;  $q_p=-0,86$  - постоянные коэффициенты.

Подставим их в уравнение (3.1)

$$P_x = 68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 10^1 \cdot 10^{-0,86} = 40,8, \text{ Н.}$$

Определим силу  $P_z$ :

$$P_z = C_p t^{x_p} s^{y_p} B^z D^q, \quad (3.2)$$

где  $t=5$  –припуск, мм;  $C_p=68$  – постоянная;  $S=0,05$  – подача, мм/об;  $B=10$  – ширина фрезерования, мм;  $D=10$  – диаметр фрезы, мм;  $x=0,86$ ;  $y=0,74$ ;  $q_p=-0,86$  - постоянные коэффициенты.

$$P_z = 68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 10^1 \cdot 10^{-0,86} = 40,8, \text{ Н.}$$

Сумма сил резания равна:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}. \quad (3.3)$$

$$P = \sqrt{40,8^2 + 40,8^2} = 51,7, \text{ Н.}$$

По характеру приспособления примем коэффициент трения  $f=0,1$ .

Расчётную схему для определения необходимого усилия зажима следует составлять для наиболее неблагоприятной ситуации.

По расчётной схеме необходимо установить направления возможного перемещения или поворота заготовки под действием сил и моментов резания, определить величину проекций всех сил на направление перемещения и составить уравнения сил и моментов:

$$\begin{aligned} \Sigma x &= 0; \Sigma M_x = 0 \\ \Sigma y &= 0; \Sigma M_y = 0 \\ \Sigma z &= 0; \Sigma z = 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

С учётом коэффициента надёжности рассчитаем силу закрепления заготовки:

$$P_3 = \frac{K \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f} P \quad (3.4)$$

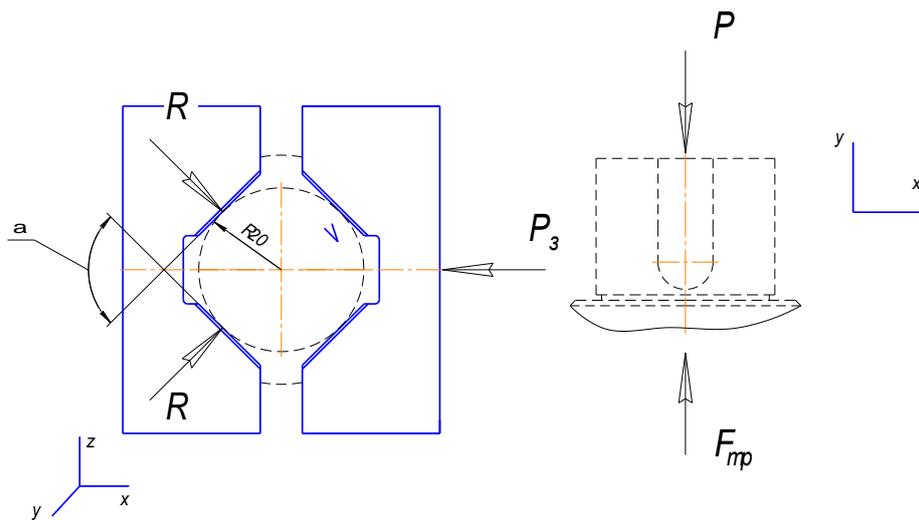


Рис. 3.2. Схема сил, действующих на заготовку

Примем коэффициент надежности  $K=2,7$ .

Тогда рассчитаем необходимую силу:

$$P_3 = \frac{K \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f} P = \frac{2,7 \cdot \sin 45^\circ}{0,1} \cdot 51,7 = 987,1, \text{ Н.}$$

Коэффициент усиления рассчитываем по формуле.

$$i = \frac{P_3}{P_u}. \quad (3.5)$$

Для пневматических приспособлений

$$P_u = \frac{\pi \cdot (D + d)^2}{16} \cdot p \quad (3.6)$$

$$D = \sqrt{\frac{16P_u}{\pi \cdot p}} - d \text{ (м);} \quad (3.7)$$

где  $D$  – рабочий диаметр мембраны, мм;  $d$  – диаметр штока, мм;  $p$  – рабочее давление в пневматическом приводе, МПа.

Подставив эти данные в уравнение (3.7), получим

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 132}{3,14 \cdot 0,4}} - 20 = 189.$$

Принимаем стандартный диаметр мембраны равным  $D=250$ мм, что обеспечит надежность закрепления.

Рассчитаем усилие на штоке приспособления:

$$P_u = \frac{3,14 \cdot (0,25 + 0,02) \cdot 0,4}{16} = 580, \text{ Н.}$$

Максимальное зажимное усилие, развиваемое приспособлением:

$$P_s = \frac{P_u L_1}{L_2}; \quad (3.8)$$

$$P_s = \frac{580 \cdot 0,472}{0,054} = 5070, \text{ Н.}$$

Приспособление представлено в графической части работы.

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

### 4.1 Описание исходных данных.

На операции 030 Шпоночно-фрезерная выполняется фрезерование шпоночного паза детали. Задача раздела спроектировать режущий инструмент для такой обработки.

Содержание операции: Фрезеровать поверхности 16 и 18, выдерживая размеры  $10P9^{(-0,015)}_{(-0,051)}$ ,  $88 \pm 0,435$ ,  $R5^{+0,3}$ ; фрезеровать поверхность 17, выдерживая размер  $27_{-0,2}$ .

Режимы обработки:  $t = 5$  мм;  $S_0 = 0,05$  мм/об;  $V = 62,8$  м/мин;  $n = 2000$  мин<sup>-1</sup>.

На рисунке 4.1 представлена схема обработки.

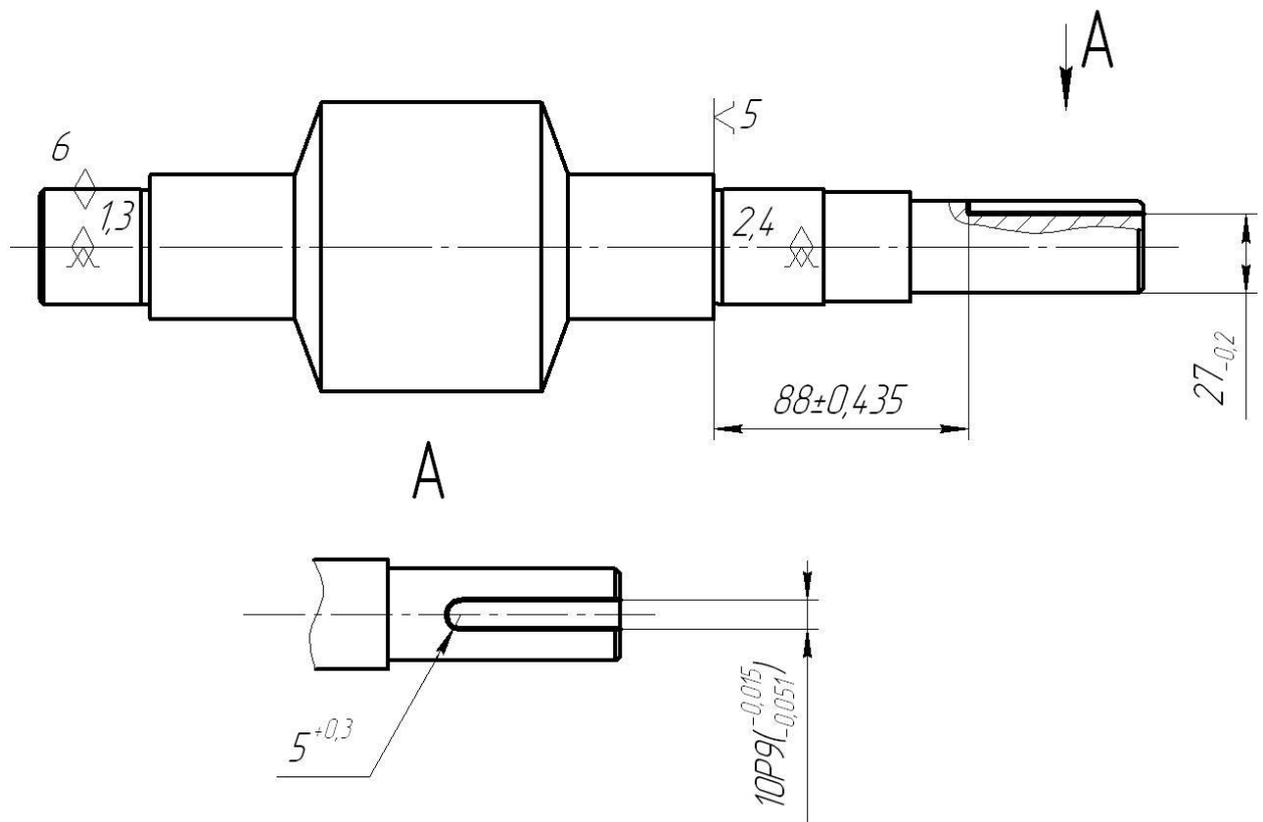


Рисунок 4.1. Схема обработки

## 4.2 Проектирование режущего инструмента.

Шпоночные пазы фрезеруют концевыми или шпоночными фрезами на вертикально-фрезерных станках. Точность получения шпоночного паза – важное условие при фрезеровании, т.к. от неё зависит характер посадки на шпонку сопрягаемых с валом деталей. Фрезерование шпоночной фрезой обеспечивает получение более точного паза; при переточке по торцовым зубьям диаметр шпоночной фрезы практически не изменяется.

Диаметр фрезы принимается, исходя из ширины шпоночного паза.

Примем  $d = 10$  мм. [10]

Длину фрезы определим по формуле:

$$L = l_1 + l_2 + l \quad (4.1)$$

где  $l$  – шейка;

$l_1$  – режущая часть;

$l_2$  – хвостовик.

Фрезы с диаметром 10...30 мм выполняют с длиной режущей части  $l_1 = 4d$ .

$$l_1 = 2 \cdot 10 = 20 \text{ мм.}$$

Определим длину шейки:

$$l = 4\left(\sqrt[4]{d} + \frac{12}{d}\right), \quad (4.2)$$

$$l = 4 \times \left(\sqrt[4]{10} + \frac{12}{10}\right) = 11,9 \text{ мм.}$$

Принимаем  $l = 12$  мм.

Диаметральный размер шейки, принимаем, равным диаметру режущей части фрезы. [10]

Поэтому  $d_{ш} = 10$  мм.

Рассчитаем всю длину нашей фрезы по формуле (4.1):

$$L = 20 + 12 + 30 = 62, \text{ мм.}$$

В связи с тем, что мы проектируем шпоночную фрезу, то принимаем число ее зубьев  $z=2$ .

Спинка зуба фрезы выполняется с радиусом [11]

$$R = (0,3...0,45) \cdot d \quad (4.3)$$

Следовательно

$$R = 0,4 \cdot 10 = 4, \text{ мм.}$$

Для выхода стружки конструкцией фрезы предусматривается стружечная канавка с углом  $\theta=20...30^\circ$ . Принимаем  $\theta=20^\circ$ .

Шаг зубьев фрезы принимаем  $\varphi = 180^\circ$ .

Для всех профилей на задней поверхности зубьев назначается ленточка  $f$ , наклон которой определяет величину заднего угла,  $f = 0,2...2$  мм для зубьев с двухголовым профилем. Принимаем  $f = 1,0$  мм.

Принимаем главный угол в плане  $\varphi=90^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\varphi_1=6^\circ$ ; главный задний угол  $\alpha=14^\circ$ ; главный передний угол  $\gamma=15^\circ$ ; угол наклона режущих кромок  $\lambda 10^\circ$ .

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Тема выпускной квалификационной работы: «Техпроцесс изготовления детали «червяк» дифференциала фрезерного станка».

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.

В данном разделе приводится наименование технических устройств, которые были каким-то образом изменены и отличаются от базового техпроцесса, приводятся наименование измененных технологических операций, наименование должности работника предприятия, выполняющего функции по реализации операции, приводятся технологические средства и оборудование, а также материалы, используемые на операциях. [16]

В нашем случае модернизирована одна операция 030 Шпоночно-фрезерная, поэтому раздел посвящен только ей, а все остальные позиции мы берем из базового варианта.

Таблица 5.1 - Технологический паспорт объекта.

№ п/п	Технологическое устройство	Технологическая операция, вид выполняемых работ <sup>2</sup>	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию <sup>3</sup>	Оборудование, устройство, приспособление <sup>4</sup>	Материалы, вещества <sup>5</sup>
1	Фрезерование шпоночного паза	Операция 030 Шпоночно-фрезерная	Станочник - фрезеровщик	Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д; приспособление специальное с пневмоприводом	Сталь 40Х; б/р сталь Р6М5 с покрытием TiN; СОЖ ЭТ-2

5.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.

В данном разделе приводится наименование модернизированных технологических операций технического объекта из таблицы 5.1, наименование опасных и вредных производственных факторов, согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ, наименование используемого производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, материалов, веществ, которые являются источником опасного и вредного производственного фактора, нормативная техническая документация. [16]

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного или вредного производственного фактора
1	Операция 030 Шпоночно-фрезерная	1) Повышенный уровень шума на рабочем месте. 2) Опасность поражения электрическим током. 3) В связи с использование СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д

5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

В данном разделе подобраны используемые организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и вредного производственного фактора. [16]

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации в рамках выпускной работы).

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Оператор станка находится на удалении от станка и производит только загрузку-выгрузку обработанных деталей и заготовок.	Наушники защитные. Костюм хлопчато-бумажный или вискозно-лавсановый
2	Опасность поражения электрическим током	Ограждение и электрическое заземление оборудования	Костюм и брюки хлопчато-бумажные или вискозно-лавсановый; ботинки кожаные; рукавицы хлопчатобумажные.
3	В связи с использованием СОЖ повышенная загазованность на рабочем месте.	Оператор станка должен быть одет в респиратор фильтрующий.	Респиратор фильтрующий

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

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и организационных методов по

обеспечению и улучшению пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов с указанием реализующиеся пожаробезопасных характеристик произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации.

#### 5.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Цех механической обработки	Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д	Е	1) тепловой поток; 2) пламя и искры; 3) снижение видимости в дыму; 4) пониженная концентрация кислорода в задымленных пространственных зонах.	1) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; 2) образующиеся в процессе пожара части разрушившихся производственного и инженерно-технического оборудования.

5.4.2. Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 5.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установленные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушители, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Пожарные гидранты	Автоматизированные средства пожароповещения	Напорные пожарные рукава, гидранты	Респираторы, противогазы	Лопаты, ломы, ведра	Автоматические датчики и извещатели

5.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара.

Таблица 5.6 – 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
Шпоночно-фрезерный станок модели 692Д	Проведение инструктажа по пожарной безопасности. Применение автоматических приборов оповещения. Контроль правильной эксплуатации оборудования.	Запрет на курение и на применение открытого огня в цехе. Применение средств автоматического оповещения и пожаротушения в цехе.

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.

В данном разделе проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации технологического процесса, и возникающих при эксплуатации проектируемого производственно-технического объекта и возникающих при утилизации производственно-технологических отходов и брака. Разрабатываются конкретные технические и организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым данным техническим объектом в процессе его производства, технической эксплуатации и конечной утилизации по завершению его жизненного цикла.

Таблица 5.7 – 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.)
Фрезерование	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ 6ДМ13Ф1	Газ от испарения СОЖ	Использованная СОЖ	Возможно попадание использованной СОЖ в почву. Возможно попадание стружки в почву.

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

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Фрезерование шпоночного паза
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение герметичной камеры на шпоночно-фрезерном станке.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение централизованного сбора и утилизации стружки.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение на предприятии хранения и регулярности утилизации отходов. Возможность использования стружки для производства новых заготовок.

#### 5.6 Заключение.

В результате выполненной работы нами проанализированы ОВПФ разработанного технического объекта. Спроектирован перечень необходимых мероприятий и средств для осуществления бесперебойной безопасной работы персонала на участке механической обработки. Разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта.

## 6 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 работе технических решений.

Рассмотрим предлагаемые совершенствования на предмет экономической обоснованности внедрения изменений в ТП изготовления детали «Червяк». Подробная информация, касающаяся технологического процесса, рассмотрена в предыдущих разделах, поэтому считаем необходимым указать только отличия между сравниваемыми вариантами процесса изготовления этой детали.

### Базовый вариант.

Операция 030 предполагает фрезерование шпоночного паза на шпоночно-фрезерном станке, модель 692Д. Закрепление детали обеспечивается тисками. Получение необходимых поверхностей обеспечивается фрезой из быстрорежущей стали Р6М5.

### Проектный вариант.

Отличительной особенностью выполнения операции 30 в проектном варианте является применяемый инструмент – фреза из быстрорежущей стали Р6М5 с нанесенным покрытием TiN. Это покрытие позволяет увеличить стойкость фрезы в 1,5 раза. Кроме инструмента, в проектном варианте, предлагается применение другой оснастки, такой как специальное автоматизированное приспособление.

Представленные изменения позволяют сократить вспомогательное время выполнения фрезерной операции с 0,78 мин. до 0,51 мин. Благодаря этим изменениям достигли снижения и общей трудоемкости выполнения всей операции с 1,98 мин до 1,71 мин.

Учитывая описанные изменения, осуществим экономические расчеты, которые позволят сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения данного предложения.

Краткое описание предлагаемых изменений позволяют рассчитать необходимые капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса. Используя методику расчета капитальных вложений [17] определяем данную величину, которая составляет  $K_{ВВ,ПР} = 25758,74$  руб. Эти денежные средства потребуются нам на приобретение нового приспособления, инструмента и затраты, связанные с проектированием технологического процесса.

Учитывая то, что метод получения заготовки и ее материал по вариантам остался неизменным, поэтому расчет значений технологической себестоимости будем проводить без затрат на материал, т.к. эти значения существенного влияния на конечный результат не оказывают. Сравнительная структура технологической себестоимости изготовления детали «Червяк» по сравниваемым вариантам представлена на рисунках 6.1 и 6.2.

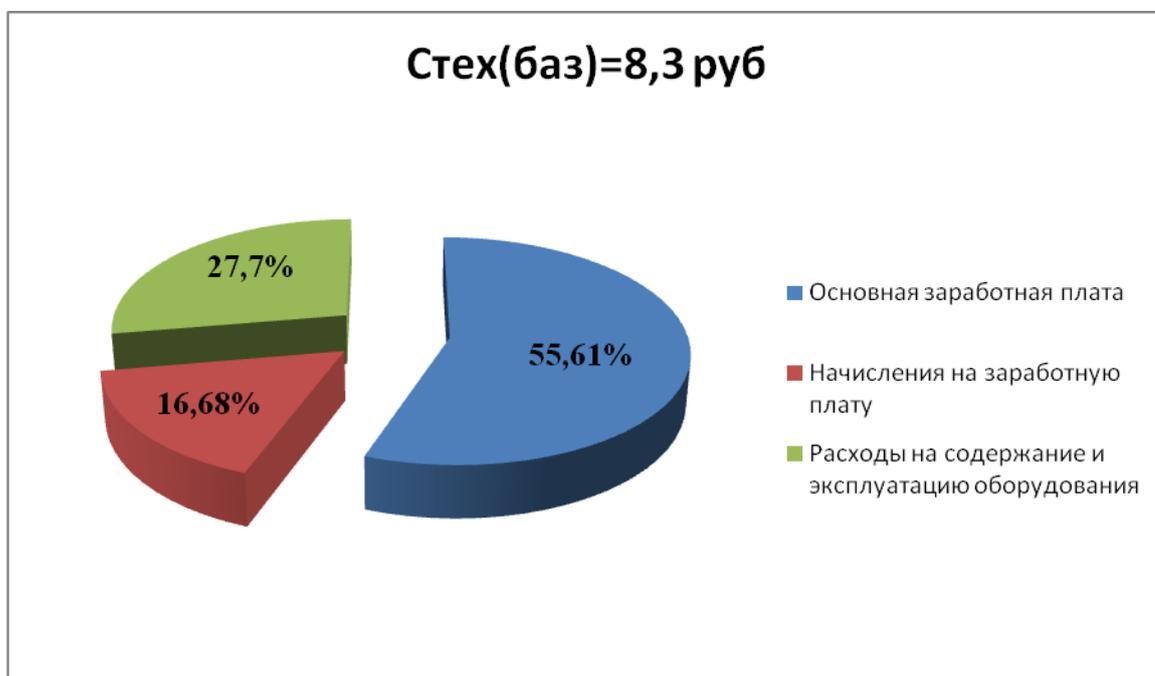


Рис. 6.1. Структура технологической себестоимости выполнения шпоночно-фрезерной операции по базовому варианту

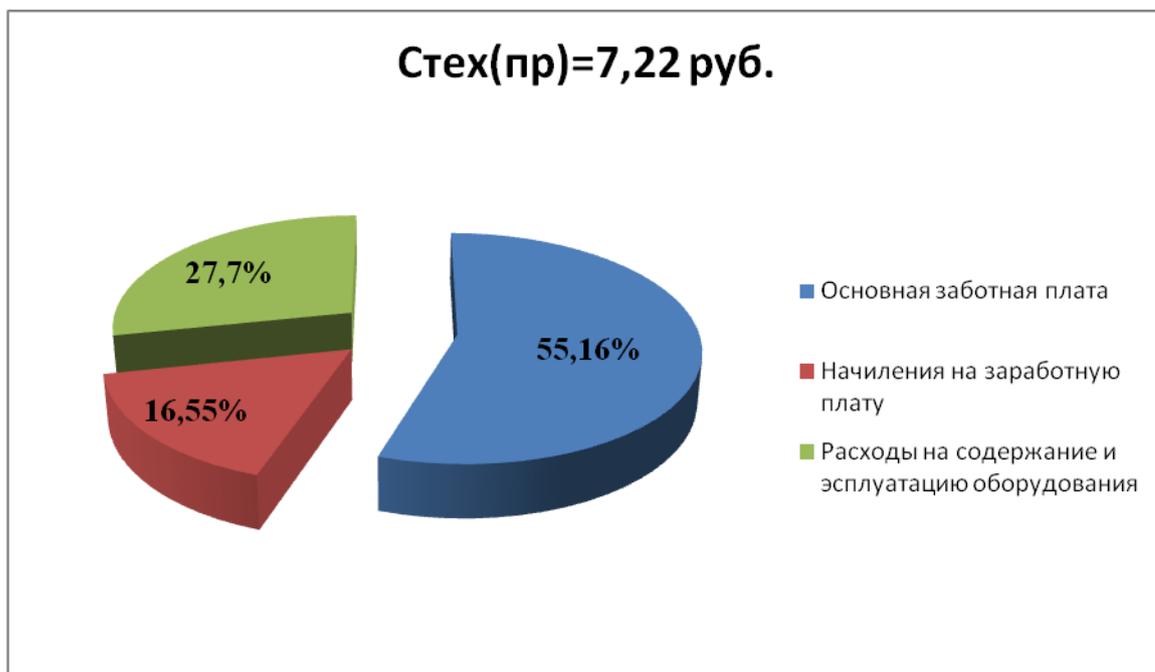


Рис. 6.2. Структура технологической себестоимости выполнения шпоночно-фрезерной операции по проектному варианту

На базе полученных данных и с применением методики составления калькуляции полной себестоимости [17] мы рассчитываем ее значения для выполнения операции шпоночно-фрезерной. Согласно расчетам по базовому варианту полная себестоимость составила 25,17 руб.; а по проектному варианту – 21,79 руб.

Далее проведем экономическое обоснование предложенных изменений. Для этого будем использовать методику расчета показателей экономической эффективности [17].

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{Пол(Баз)} - C_{Пол(Пр)}) \cdot P_{Г} \text{ руб.} \quad (6.1)$$

$$P_{P.OЖ} = \Delta_{УГ} = (25,17 - 21,79) \cdot 5000 = 16900 \text{ руб.}$$

$$H_{ПРИБ} = P_{P.OЖ} \cdot K_{НАЛ} \text{ руб.} \quad (6.2)$$

$$H_{ПРИБ} = 16900 \cdot 0,2 = 3380 \text{ руб.}$$

$$P_{P.ЧИСТ} = P_{P.OЖ} - H_{ПРИБ} \text{ руб.} \quad (6.3)$$

$$P_{P.ЧИСТ} = 16900 - 3380 = 13520 \text{ руб.}$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{П_{Р.ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (6.4)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{25758,74}{13520} + 1 = 2,91 = 3 \text{ года}$$

$$D_{ДИСК.ОБЩ} = П_{Р.ЧИСТ.ДИСК}(T) = \sum_1^T П_{Р.ЧИСТ} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (6.5)$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = П_{Р.ЧИСТ.ДИСК}(T) = 13520 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,15)^1} + \frac{1}{(1+0,15)^2} + \frac{1}{(1+0,15)^3} \right) = 30879,68 \text{ руб}$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ВВ.ПР} \text{ руб.} \quad (6.6)$$

$$\mathcal{Э}_{ИНТ} = ЧДД = 30879,68 - 25758,74 = 5120,94 \text{ руб.}$$

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ВВ.ПР}} \text{ руб./руб.} \quad (6.7)$$

$$ИД = \frac{30879,68}{25758,74} = 1,2 \text{ руб./руб.}$$

Предлагаемые изменения по операции шпоночно-фрезерной, под номером 030 технологического процесса изготовления детали «Червяк», можно считать экономически целесообразными. Данное заключение можно сделать основываясь, во-первых, на том, что достигнуто снижение себестоимости выполнения данной операции на 13,4%. А во вторых, интегральный экономический эффект от изменений, согласно расчетам, составил 5120,94 руб., что также свидетельствует эффективности работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге выполненной работы нами спроектирована технология изготовления детали «червяк» дифференциала фрезерного станка, выполнен план обработки детали. Осуществлено оснащение техпроцесса современными технологическими средствами. Разработана конструкция заготовки - штамповка

На 025 Токарную чистовую операцию и 030 Шпоночно-фрезерную операцию выполнены технологические наладки.

Для операции 030 разработано зажимное устройство с автоматическим креплением заготовки на станке. Для этой же операции разработана конструкция шпоночной двухзубой фрезы с износостойким покрытием.

В работе проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта.

Экономический расчет показал эффективность работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суслов, А. Г. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Г. Суслов. - 2-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2007. - 429 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. 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.
4. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
5. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.
6. 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.
7. 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.
8. ГОСТ 7505 – 89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.
9. 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.

10. Схиртладзе, А.Г., Чупина, Л.А., Пульбере, А.И., Гречишников, В.А. Формообразующие инструменты в машиностроении: учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, Л.А. Чупина, А.И. Пульбере, В.А. Гречишников. – М.: Новое знание, 2006. – 557 с.
11. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. - Москва : Машиностроение, 1990. - 399 с.
12. Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 576 с.
13. Палей М. А. Допуски и посадки : справочник. В 2 ч. Ч. 2 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. - 8-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2001. - 608 с.
14. Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с.
15. Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.
16. 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.
17. 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.
18. Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для

студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.

19. 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.

20. 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.

## ПРИЛОЖЕНИЯ



O10	Точить поверхность , выдерживая размер $\varnothing 32.9 \pm 0.125$ ; точить поверхность 13, выдерживая размер $\varnothing 38.6_{-0.25}$ ; точить поверхность
O11	11, выдерживая размер $270 \pm 0.65$ ; точить поверхность 10, выдерживая размер $\varnothing 40.92 \pm 0.125$ ; точить поверхность 9,
O12	выдерживая размер $232.6 \pm 0.575$ ; точить поверхность 8, выдерживая размер $\varnothing 50.6_{-0.62}$ ; точить поверхность 7, выдерживая размеры:
O13	$20^0 \pm 1^0$ , $182.2 \pm 0.575$ .
МК	



<b>О13</b>	<i>Точить канавку, выдерживая размеры: 3.5 , 0.5 , R 1; точить фаску 1.6x45<sup>0</sup> ; точить поверхность 14, выдерживая размер</i>
<b>О14</b>	<i>Ø32.3 ± 0.031; точить поверхность 12, выдерживая размер Ø38<sup>-0.08</sup><sub>-0.24</sub>; точить поверхность 10, выдерживая размер Ø40.32±0.031;</i>
<b>Т15</b>	<i>точить поверхность 9, выдерживая размер 232.3 ± 0.575; точить поверхность 8, выдерживая размер Ø50<sub>-0.62</sub> ; точить</i>
<b>Т16</b>	<i>Поверхность 7, выдерживая размеры 20<sup>0</sup> ± 1<sup>0</sup>, 182 ± 0.575.</i>
<b>МК</b>	



О13	Фрезеровать поверхности 16, 17 и 18, выдерживая размеры: $10_{-0.051}^{-0.015}$ , $88 \pm 0.435$ , R 5, $27_{-0.2}$ .
Т14	XXXXXX Приспособление специальное с призмами. 391820 Фреза шпоночная Р6М5 Ø10 ГОСТ Р 53003 – 2008.
Т15	391311 Штангенциркуль ШЦЦ-III-250-0.05 ГОСТ166-89; 393120 Калибр – пробка для контроля отверстий Ø10P9 ГОСТ 3882-77.
Т16	XXXXXX Спец. шаблон .
МК	



<b>A12</b>	<i>XX. XX. XX. 050 4230 Торцекруглошлифовальная программная ИОТ № 76</i>
<b>Б13</b>	<i>38 1025 7 Торцекруглошлифовальный ЧПУ ХШ4-104Ф20 1 16045 322 1 1 1 1 142 1</i>
<b>МК</b>	



<i>Т13</i>	<i>396310 Патрон мембранный кулачковый ГОСТ3889-80; 397130 Круг 1 250'30'76,2 24А F25 К6 V 40м/с 2кл ГОСТ Р 52871 – 2007;</i>
<i>Т14</i>	<i>392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79; 394630 Прибор активного контроля БВ 6060-УНВ 40 ГОСТ 8517-80;</i>
<i>МК</i>	



<b>Б13</b>	38 1337 3 Шлифовально-полировальный станок 6П-100М 1 1 19630 322 1 1 1 1 142 1
<b>О14</b>	Полировать поверхность 10, выдерживая размер $\varnothing 40^{+0.018}_{+0.002}$ .
<b>Т15</b>	396310 Патрон мембранный кулачковый; 392841 Центр упорный ГОСТ 13214-79; 397130 Круг полировальный лепестковый 300' 30' 76.2
<b>МК</b>	



О12	<i>Контролировать 50% размеров детали</i>
МК	