



## АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления червячного колеса механизма ползуна

Тольяттинский государственный университет, 2017.

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства».

Бакалаврская работа.

В бакалаврской работе рассмотрены аспекты проектирования технологического процесса изготовления колеса червячного в условиях среднесерийного производства при годовой программе выпуска 5000 шт.

Ключевые слова: заготовка, маршрут обработки, припуск по переходам, станочное приспособление, режущий инструмент, технологическая оснастка, технологическое оборудование, расчет режимов резания, нормирование технологического процесса, производственная безопасность, экологичность технического объекта, экономическая эффективность.

Работа содержит пять разделов, введение, заключение.

Во введении сформулирована цель работы, а в заключении приводятся выводы по результатам внесенных изменений.

В первом разделе произведен анализ исходных данных по детали и базовому технологическому процессу, сформулированы задачи проектирования и намечены пути устранения выявленных недостатков.

Во втором разделе бакалаврской работы выбран метод получения заготовки, методом литья с припусками, рассчитанными аналитическим методом, спроектирован новый технологический процесс изготовления колеса червячного с применением высокопроизводительного оборудования и оснастки, рассчитаны режимы резания и нормы времени.

В третьей части работы разработано станочное приспособление для токарной операции и контрольное приспособление для контроля радиального и торцевого биения.

В четвертом и пятом разделе данной работы описаны мероприятия по безопасности и экологичности технического объекта, а также выполнен расчет экономической эффективности проекта.

Бакалаврская работа содержит: пояснительную записку - 68 страниц, включающей 18 таблиц, 6 рисунков, и графическую часть, состоящую из 8 листов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Описание исходных данных .....	6
2 Технологическая часть работы.....	13
3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений .....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	52
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	54

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроительная отрасль во многом определяет пути и интенсивность развития других отраслей экономики. Учитывая, неблагоприятную экономическую ситуацию, на данный момент времени, предприятиям машиностроительного комплекса приходится изыскивать внутренние резервы для дальнейшего развития. Активно применяется практика, по привлечению сторонних заказов из смежных областей и изготовление сторонней продукции силами персонала предприятия, на имеющихся мощностях, стремясь довести загрузку производственных мощностей до максимальных значений, т.к. объем выпуска профильной продукции существенно снизился, в связи с кризисом.

Постоянно идет процесс оптимизации технологических процессов, позволяющий выпускать изделия лучшего качества, по более низкой цене, в установленные сроки.

Целью бакалаврской работы является разработка оптимального технологического процесса изготовления детали «Колесо червячное», который обеспечит получение детали в заданном объеме, с минимальными затратами и высокой точностью.

Добиваться, достижения данной цели, будем путем всестороннего анализа базового технологического процесса, выявления его узких мест и причин, вызвавших недостатки, на основе этого анализа будут предложены пути их устранения.

# 1 Описание исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения детали

### 1.1.1 Описание конструкции узла, в который входит деталь

Деталь- колесо червячное

Данная деталь называется «колесо червячное», устанавливается в узле ползуна станка и предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи крутящего момента.

Деталь имеет следующие габариты: длина 90 мм., диаметр 275 мм.

Масса 13,5 кг.

Узел, в состав которого входит данная деталь, приводится на рисунке 1.1

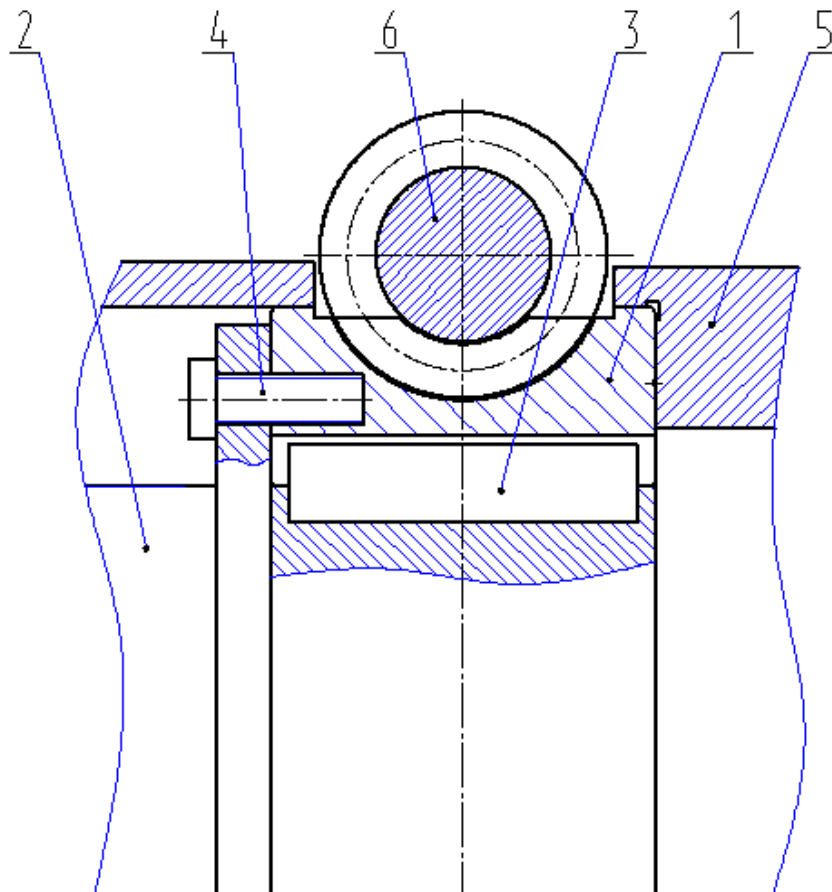


Рисунок 1.1 - Узел, в состав которого входит деталь

Червячное колесо 1 (рисунок 1.1) устанавливается на валу 2 на шпонке 3 и крепится винтами 4.

В узле станка червячное колесо устанавливается в стакане 5. В зацеплении с червячным венцом колеса 1 находится червяк 6.

### 1.1.2 Анализ материала детали

Материал колеса червячного: алюминиевожелезистая бронза БрА9Ж4 ГОСТ 493-79.

В табл. 1.1 приведен химсостав бронзы БрА9Ж4

Таблица 1.1 - Химический состав бронзы БрА9Ж4

в процентах			
Fe	Al	Cu	Примесей
2...4	8...10	83,3...90	Всего 2,7

В табл. 1.2 приведены физико-механические свойства бронзы БрА9Ж4

Таблица 1.2 - Физико-механические свойства бронзы БрА9Ж4

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, кДж / м <sup>2</sup>	НВ
390	196	7600	10	30	588	98

### 1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Произведем классификацию поверхностей детали, согласно их служебному назначению, для этого пронумеруем все поверхности детали, рисунок 1.2.

Классифицируем поверхности детали:

- исполнительные поверхности – это поверхности 16,20;
- основные конструкторские базы – это поверхности 3,9,11;
- вспомогательные конструкторские базы - это поверхности 1,14,18;
- свободные поверхности – остальные.

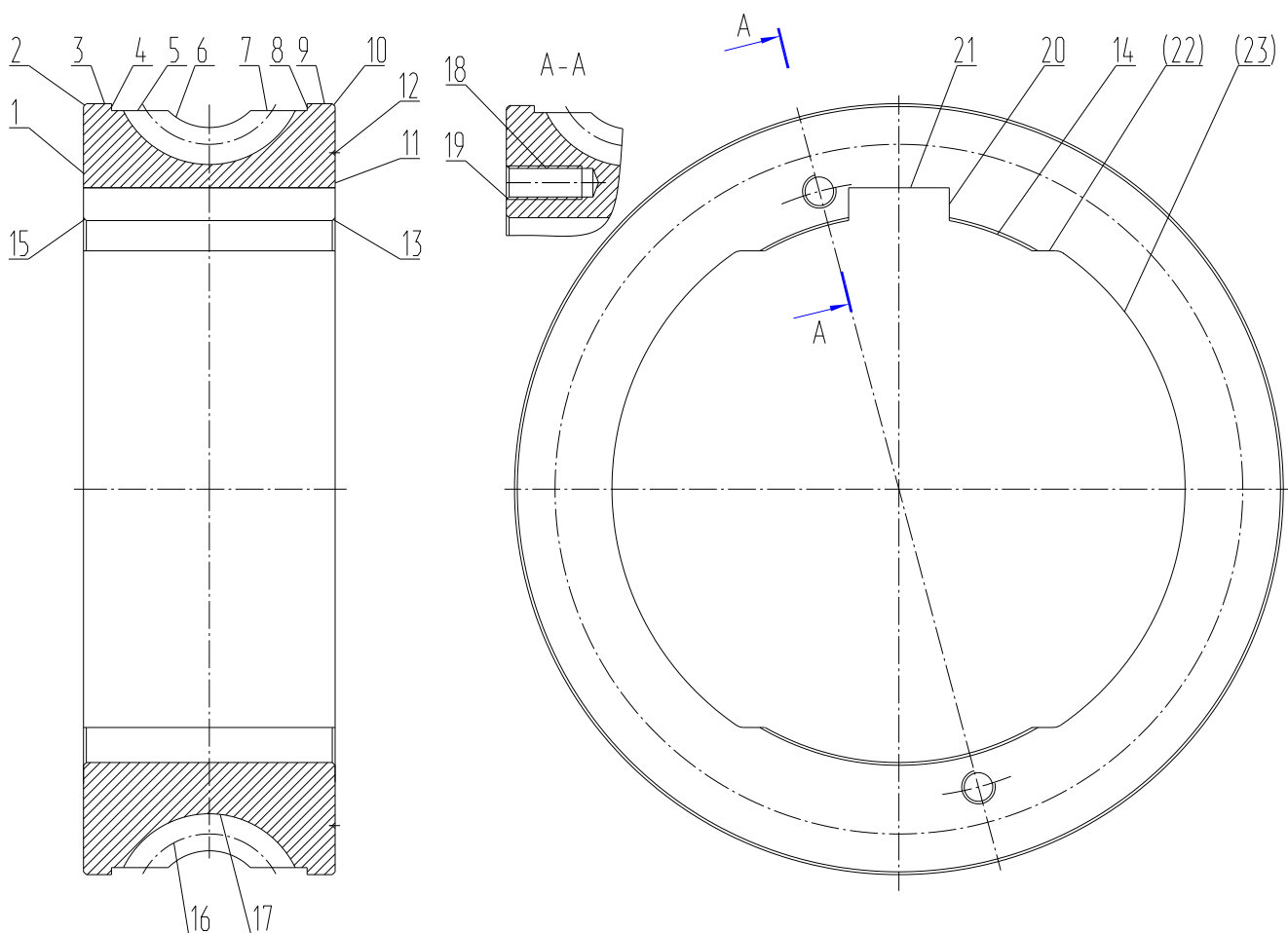


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхностей

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

### 1.2.1 Анализ количественных показателей технологичности

#### 1.2.1.1 Коэффициент, анализирующий унификацию поверхностей

$$K_{\text{ун.}} = n_{\text{ун.}} / \Sigma n, \quad (1.1)$$

где  $n_{\text{ун.}}$  - сумма поверхностей, которые унифицированы;

$\Sigma n$  - число всех поверхностей детали.

$K_{\text{ун.}} = 1$ , технологичность выполнена.



### 1.2.1.2 Коэффициент, анализирующий шероховатости поверхностей

$$K_{\text{шр.}} = \frac{1}{B_{\text{ср.}}}, \quad (1.2)$$

где  $B_{\text{ср.}}$  - усредненное значение шероховатости, которое определяется по формуле:

$$B_{\text{ср.}} = \frac{\sum B_{ni}}{\sum n_i}, \quad (1.3)$$

где  $B_{ni}$  – число конкретной шероховатости;

$\sum n_i$  – число поверхностей с конкретной шероховатостью.

$$B_{\text{ср.}} = (1 \cdot 1,25 + 3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3,2 + 14 \cdot 6,3) / 21 = 5,07 \text{ мкм.}$$

$$K_{\text{шр.}} = 1 / 5,07 = 0,20$$

$K_{\text{шр.}} < 0,32$ , технологичность выполнена.

### 1.2.1.3 Коэффициент, анализирующий точность

$$K_{\text{Тч.}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср.}}}, \quad (1.4)$$

где  $A_{\text{ср.}}$  - усредненная точность выполнения детали, она определяется по формуле:

$$A_{\text{ср.}} = \frac{\sum A_{ni}}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

где  $A_{ni}$  – конкретный квалитет точности;

$\sum n_i$  – число поверхностей с конкретной точностью.

$$A_{\text{ср.}} = (1 \cdot 7 + 1 \cdot 8 + 2 \cdot 9 + 1 \cdot 12 + 16 \cdot 14) / 21 = 12,8$$

$$K_{\text{Тч.}} = 1 - 1 / 12,8 = 0,92$$

$K_{\text{Тч.}} > 0,85$ , технологичность выполнена.

## 1.2.2 Качественный анализ технологичности

Исходя из конструкции рассматриваемой детали и ее материала, в качестве заготовки возможно применение отливки.

Чертеж детали выполнен по всем стандартам, все данные для ее изготовления есть.

На чертеже детали «Колесо червячное» присутствует вся необходимая для ее изготовления информация.

Деталь может быть обработана по типовому техпроцессу. Все поверхности имеют удобный доступ для обработки.

Параметры точности и шероховатости детали нормально обеспечиваются на обычном оборудовании и соответствуют назначению детали.

Доступ к местам обработки и контроля свободный.

Анализируя эти данные, делаем вывод, что конструкция детали является технологичной.

## 1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Определим слабые места базового ТП, для того чтобы избежать их во вновь проектируемом техпроцессе.

### 1.3.1 Технологический маршрут базового техпроцесса

Произведем описание порядка и содержания операций заводского (базового) техпроцесса, результаты - в таблице 1.3

Таблица 1.3 - Характеристика заводского (базового) техпроцесса

Операция		Средства технического оснащения		
№оп	Название	Станок	Станочное приспособление	Режущий инструмент
1	2	3	4	5
005	Заготовительная			

### Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5
010	Токарная	16K20	Патрон 3-х кулачк.	Резец проход. ВК8 Резец подрез. ВК8 Резец расточ. ВК8 Резец канавочн. ВК8
015	Токарная	16K20	Патрон 3-х кулачк.	Резец проход. ВК4 Резец подрез. ВК4 Резец расточ. ВК4 Резец канав. ВК4
020	Круглошлиф.	3М151	Патрон 3-х кулачк.	Шлиф. круг
025	Торцешлиф.	3К227В	Патрон 3-х кулачк.	Шлиф. круг
030	Зубофрезерная	53А10	Приспособл. специал..	Фреза червяч. Р6М5
035	Долбежная	7Д430	Тиски машинные	Резец долбеж. Р6М5К5
040	Сверлильная	к 2Р135	Тиски машинные	Сверло спирал. Р6М5
045	Слесарная			Метчик М6 Напильник, шкурка
050	Моечная			
055	Контрольная			

#### 1.4 Задачи бакалаврской работы. Пути совершенствования техпроцесса

##### 1.4.1 Недостатки базового ТП

Базовый ТП пригоден для применения в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Основными недостатками базового техпроцесса сдерживающими повышение производительности и снижение себестоимости являются:

- на токарных операциях применяется универсальное оборудование, заготовка с большими припусками, в результате большое штучное время обработки;
- практически все станки - низкопроизводительные универсальные, что неприменимо для серийного производства;
- технологическая оснастка универсальная, с ручным зажимом и точной выверкой, что приводит к повышению штучного времени;
- низкопроизводительный универсальный инструмент.

- контрольный инструмент и приспособления - универсальные низкопроизводительные, что приводит к повышению штучного времени.

#### 1.4.2 Задачи бакалаврской работы. Пути совершенствования техпроцесса

Произведем формулирование задач бакалаврской работы и путей совершенствования технологического процесса на основе произведенного анализа:

- применить более производительное оборудование (станки с ЧПУ, полуавтоматы, автоматы), оснастку, инструмент с износостойким покрытием;
- спроектировать заготовку (отливку), с минимальными припусками, рассчитанными аналитическим методом;
- подобрать наиболее оптимальный высокопроизводительный режущий инструмент;
- подобрать современную техоснастку;
- подобрать современные приспособления, в том числе с электронными индикаторами;
- спроектировать патрон трехлапчатый для токарной операции;
- спроектировать приспособление для контроля;
- выполнить анализ техпроцесса принимая во внимание безопасность и экологичность, уменьшить воздействие опасных и вредных факторов;
- выполнить экономический расчет эффективности техпроцесса.

## 2 Технологическая часть проекта

### 2.1 Выбор типа производства

Для разных типов производства существуют разные подходы к дальнейшей разработке техпроцесса.

Согласно рекомендаций [9, с. 24, табл. 31] исходя из массы детали 13,5 кг., принимая во внимание годовую программу выпуска  $N_T = 5000$  шт./год, при этом тип производства принимаем как среднесерийный.

### 2.2 Техничко-экономическое обоснование выбора метода получения заготовки

#### 2.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки

Так как деталь имеет следующие габариты: длина 90 мм., диаметр 275 мм., массу 13,5 кг., выполнена из бронзы БрА9Ж4 ГОСТ 493-79, то в качестве заготовки может быть использована отливка.

Для дальнейших расчетов примем по ГОСТ Р 53464-2009 [8] параметры заготовки:

- метод получения заготовки – литье в песчано-глинистые формы
- класс точности размеров – 8 [8, с. 26].
- степень коробления заготовки – 6 [8, с. 29].
- класс точности поверхности отливки – 14 [8, с. 32].

Проектирование заготовки выполним после определения промежуточных припусков на обработку.

## 2.3 Технико-экономическое обоснование выбора методов обработки поверхностей

Анализируя точность и шероховатость поверхностей детали, выбираем маршрут их обработки. Произведем определение способа обработки поверхностей – точение, сверление, фрезерование, шлифование. Затем определяем вид обработки – черновая, чистовая и т.д. Данные по выбору берем из [16] и [11, с. 32-34, табл. 5.17-5.19].

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер поверхн.	Точность поверхн.			Шероховатость Ra, мкм	Твердость HB	Технологический маршрут
	Размеров, мм	Формы	Расположе- ния			
		Допуск, мкм	Допуск, мкм			
1,4,8	14	-	-	6,3	80	Тчер(13)+Тчист(10)
2,10	14	-	-	6,3	80	Тчист(11)
3,9	9	-	0,075	2,5	80	Тчер(12)+Тчист(9)
5,7	14	-	-	3,2	80	Тчер(13)+Тчист(10)
6	7	-	0,075	3,2	80	Тчер(13)+Тчист(10)+Шлиф(7)
11	9	-	0,08	1,25	80	Тчер(13)+Тчист(10)+Шлиф(9)
12	14	-	-	6,3	80	Тчист(11)
13,15	14	-	-	6,3	80	Рчист(11)
14	14	-	-	6,3	80	Рчер(13)+Рчист(10)
16	8-B	-	0,11	2,5	80	ЗФ(8-B)
17	14	-	-	6,3	80	ЗФ(13)
18	8B	-	-	6,3	80	С(13)+Рез(8B)
19	14	-	-	6,3	80	С(13)
20	14	-	-	6,3	80	Д(13)
21	12	-	-	6,3	80	Д(12)

Т- обтач.чернов., Тч-обтач.чистов., Р- растач.чернов., Рч- растач.чистов., С – сверлен., Рез – резъбонарез., ЗФ – зубофрезеров., Шлиф – шлифов.

## 2.4 Определение припуска и проектирование заготовки

### 2.4.1 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров

#### 2.4.1.1 Расчет припусков с помощью аналитического метода

Расчет аналитическим методом веден на поверхность  $\varnothing 258_{-0,05}$

Намечаем технологические переходы на обработку  $\varnothing 258_{-0,05}$

Черновое точение: поле допуска h, качество 13, шероховатость 6,3 мкм.

Чистовое точение: поле допуска  $h$ , качество 10, шероховатость 3,2 мкм.

Шлифование: поле допуска  $h$ , качество 7, шероховатость 2,5 мкм.

Допуски по технологическим переходам.

Допуск на заготовку: ИТ заготовки =  $\pm 1,0$  ИТ заготовки = 2000 мкм.

Допуск после чернового точения  $h_{13}$ : ИТ<sub>13</sub> = (-0,810) = 0,81 мм.

Допуск после чистового точения  $h_{10}$ : ИТ<sub>10</sub> = 0,21 мм.

Допуск после шлифования  $h_7$ : ИТ<sub>7</sub> = 0,05 мм.

Все исходные данные заносим в таблицу 2.5

Выполняем расчет по переходам.

Элементы припуска- Rz и  $h$  назначаем по таблицам [5, с. 66] и [9, с. 69]

Определяем составляющие припуска  $\rho_o$  и  $\epsilon_{уст}$

Общие отклонения  $\rho_o$ , мм., будут определяться по формуле

$$\rho_o = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (2.1)$$

где  $\rho_{ом} = 0.6$  мм. – погрешность, вызванная смещением линии разъема полуформ

Таблица 2.2- Результаты расчета припусков

Размеры в миллиметрах

Тех.переход	Элементы				2Z min	Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
	Rz <sup>i-1</sup>	h <sup>i-1</sup>	$\rho^{i-1}$	$\epsilon_{уст}^{i-1}$			d <sup>i</sup> max	d <sup>i</sup> min	2Z max	2Z min
1 пер: Отливка	0.160	0.160	0.825	-	-	2.00	263.306	261.306	-	-
						8 ст				
2 пер: Черновое точение	0.080	0.060	0.050	0.470	2.539	0.81	259.577	258.767	3.729	2.539
						h13				
3 пер: Чистовое точение	0.040	0.030	0.033	0.120	0.540	0.210	258.437	258.227	1.140	0.540
						h10				
4 пер: Шлифовать начисто	0.020	0.015	0.017	0.060	0.277	0.050	258.000	257.950	0.437	0.277
						h7				

Погрешность коробления  $\rho_{кор}$ , мм., заготовки определяется по формуле

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot L = 0,001 \cdot 90 = 0.09 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

где L – длина от торца заготовки до сечения определения погрешности, мм.;

$\Delta_k$  – удельное коробление, мкм./мм.

Величина смещения оси заготовки при центрировании равна:

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (2.3)$$

где  $\delta_3$  – допуск на базовые поверхности.  $\delta_3 = 2$  мм.

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{2,0^2 + 1} = 0,559 \text{ мм.}$$

Тогда общие суммарные отклонения расположения

$$\rho_o = \sqrt{0,6^2 + 0,09^2 + 0,559^2} = 0,825 \text{ мм.}$$

Погрешность установки при черновом точении  $\varepsilon_{уст} = 0,470$  мм. [5, с. 75],  
при точении  $\varepsilon_{уст} = 0,120$  мм., при шлифовании чистовом  $\varepsilon_{уст} = 0,060$  мкм.

Суммарное отклонение расположение заготовки на последующих после черновой обработки операциях будет определяться по формуле

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_o, \quad (2.4)$$

где  $K_y$ - коэффициент, определяющий переход обработки (2 переход  $K_{y2пер} = 0,06$ ; 3 переход:  $K_{y3пер} = 0,04$ ; 4 переход:  $K_{y4пер} = 0,02$ ).

$$\rho_2 = K_{y2пер} \cdot \rho_o = 0,825 \cdot 0,06 = 0,050 \text{ мм.}$$

$$\rho_3 = K_{y3пер} \cdot \rho_o = 0,825 \cdot 0,04 = 0,033 \text{ мм.}$$

$$\rho_4 = K_{y4пер} \cdot \rho_o = 0,825 \cdot 0,02 = 0,017 \text{ мм.}$$

Выполним расчет минимального припуска на черновую обработку заготовки по формуле:

$$2Z_{\text{minim.}} = 2(R_z + h + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (2.5)$$

$$2Z_{\text{minim.токар.чернов}} = 2 \cdot (0,160 + 0,160 + \sqrt{0,825^2 + 0,470^2}) = 2,539 \text{ мм.}$$

Далее определим минимальный припуск на последующие чистовые операции

$$2Z_{\text{minim.токар.чистов.}} = 2 \cdot (0,080 + 0,060 + \sqrt{0,050^2 + 0,120^2}) = 0,540 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{minim.шлифовал.}} = 2 \cdot (0,040 + 0,030 + \sqrt{0,033^2 + 0,060^2}) = 0,277 \text{ мм.}$$

Определим промежуточные диаметры обработки по переходам  $d_{\text{minim.}}^{i-1}$ , мм.



и  $d_{\text{maxim.}}^i$ , мм. по формулам:

$$d_{\text{minim.}}^{i-1} = d_{\text{minim.}}^i + 2Z_{\text{minim.}} \quad (2.6)$$

$$d_{\text{minim.шлифовал.}} = 257.950 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{minim.токар.чистов.}} = 257.950 + 0.277 = 258.227 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{minim.токар.чернов.}} = 258.227 + 0.540 = 258.767 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{minim.заготовит.}} = 258.767 + 2.539 = 261.306 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{maxim.}}^i = d_{\text{minim.}}^i + Td^i \quad (2.7)$$

$$d_{\text{maxim.шлифовал.}} = 257.95 + 0.050 = 258.000 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{maxim.токар.чистов.}} = 258.227 + 0.210 = 258.437 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{maxim.токар.чернов.}} = 258.767 + 0.810 = 259.577 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{maxim.заготовит.}} = 261.306 + 2.000 = 263.306 \text{ мм.}$$

Определим максимальные припуски  $2Z_{\text{maxim.}}$ , мм., по формуле:

$$2Z_{\text{maxim.}} = d_{\text{maxim.}}^{i-1} - d_{\text{maxim.}}^i \quad (2.8)$$

$$2Z_{\text{maxim.шлифовал.}} = 258.437 - 258.000 = 0.437 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{maxim.токар.чистов.}} = 259.577 - 258.437 = 1.140 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{maxim.токар.чернов.}} = 263.306 - 259.577 = 3.729 \text{ мм.}$$

Определим минимальные припуски  $2Z_{\text{minim.}}$ , мм.:

$$2Z_{\text{minim.}} = d_{\text{minim.}}^{i-1} - d_{\text{minim.}}^i \quad (2.9)$$

$$2Z_{\text{minim.шлифовал.}} = 258.227 - 257.950 = 0.277 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{minim.токар.чистов.}} = 258.767 - 258.227 = 0.540 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{minim.токар.чернов.}} = 261.306 - 258.767 = 2.539 \text{ мм.}$$

После всех расчетов выполним проверку результатов расчётов:

$$2Z_{\text{maxim.}}^i - 2Z_{\text{minim.}}^i = TD^i - TD^{i-1} - \text{условие проверки} \quad (2.10)$$

$$2Z_{\text{maxim.}}^4 - 2Z_{\text{minim.}}^4 = 0.437 - 0.277 = 0.160 \text{ мм.}$$

$$TD^i + TD^{i-1} = 0.21 - 0.05 = 0.16 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max}^4 - 2Z_{\min}^4 = TD^i + TD^{i-1} = 0.16 \text{ мм.} - \text{следовательно, расчет верен}$$

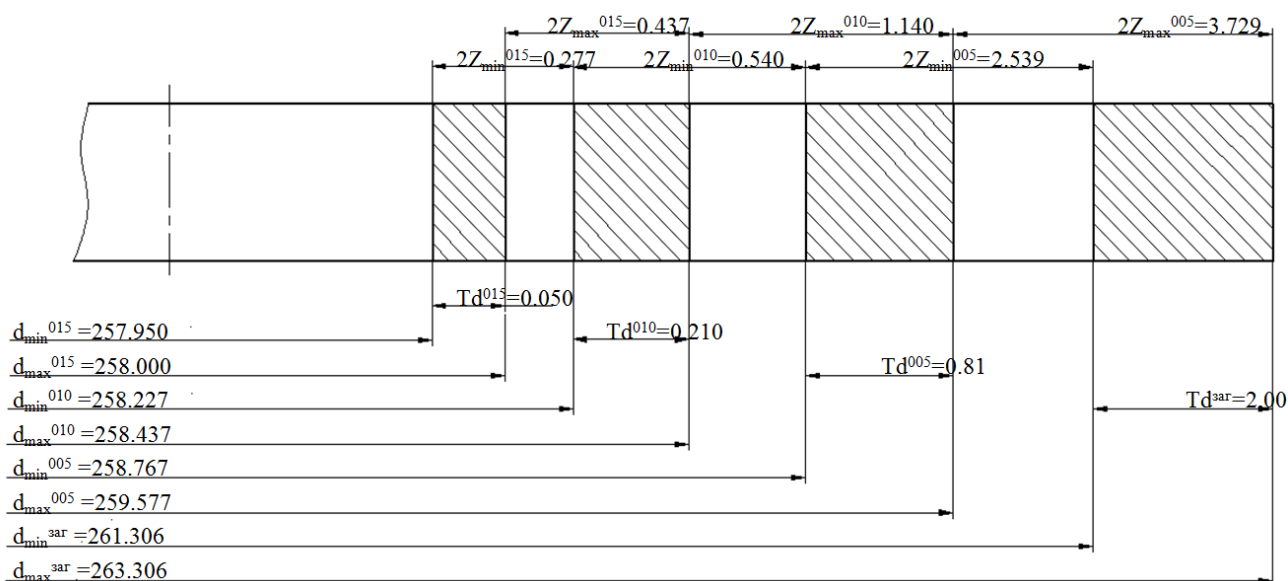


Рисунок 2.1 – Результаты расчетов на  $\varnothing 258_{-0,05}$

#### 2.4.2 Расчет припусков с помощью табличного метода

Произведем расчет и определение промежуточных припусков на промежуточную обработку всех поверхностей детали табличным методом по источнику [14, с. 191]. Сведем результаты в таблицу 2.3.

Таблица 2.3- Припуски на колесо червячное

№ оп	Наименование операции	Поверхности обработки	Припуск Z, мм.
005	Токарная (черн.)	1,3,14 4,5	1,40 2,0max
010	Токарная (черн.)	8,9,11 6,7,8	1,40 2,0max
015	Токарная (чист.)	1,2,3,4,5,14,15	0,55
020	Токарная (чист.)	6,7,8,9,10,11,12,13,14	0,55
025	Кругло-шлифовальная	6,11	0,25

### 2.4.3 Проектирование и расчет заготовки

На основании расчетов промежуточных припусков и операционных размеров скорректируем размеры заготовки и выполним ее чертеж (эскиз заготовки представлен на рисунке 2.2).

Основные параметры заготовки по рекомендациям [8]:

- литейный уклон: – не более  $0^{\circ}30'$
- радиусы наружных углов – 2 мм.;
- сдвиг полуформ – не более 0,6 мм. [8, с. 8];
- эксцентricность отверстий - не более 0,6 мм. [8, с. 8];
- шероховатость поверхности заготовки – Ra 40 мкм.;

Точность отливки - 8-6-14-8 по ГОСТ Р 53464-2009, определяется согласно рекомендаций [8]:

- класс точности размеров - 8 [8, с. 26];
- степень коробления отливки - 6 [8, с. 29];
- степень точности поверхности отливки – 14 [8, с. 32];
- класс точности массы отливки - 8 [8, с. 33].

Произведем определение допусков размеров по [8, с. 8] и припусков по [8, с. 11]

Для определения объема заготовки разобьем ее на элементарные части, при этом пренебрегаем радиусами, фасками, литейными уклонами

Объем отливки тогда будет равен:

$$V_{\Pi} = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (2.11)$$

где  $V_i$ - объем отдельного элемента отливки

Выполним расчет объема элементов отливки по формуле:

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot l / 4, \quad (2.12)$$

где  $d$ - диаметр элемента отливки, мм.

$l$ -длина элемента отливки, мм.

Тогда суммарный объем отливки будет равен

$$V = 3,14/4 \cdot (279^2 \cdot 94,2 - 205^2 \cdot 94,2 + (205^2 - 191^2) \cdot 0,25 \cdot 94,5) = 2751302 \text{ мм}^3 .$$

Произведем определение массы отливки по формуле:

$$m = V \cdot \gamma , \quad (2.13)$$

где  $V$  – объем отливки,  $\text{мм}^3$ ;

$\gamma$  - плотность чугуна отливки,  $\text{кг./мм}^3$ .

$$m = 2751302 \cdot 7,6 \cdot 10^{-6} = 20,9 \text{ кг.}$$

Выполним расчет коэффициента использования материала отливки:

$$\text{КИМ} = m_d / m_3 = 13,5 / 20,9 = 0,65 \quad (2.14)$$

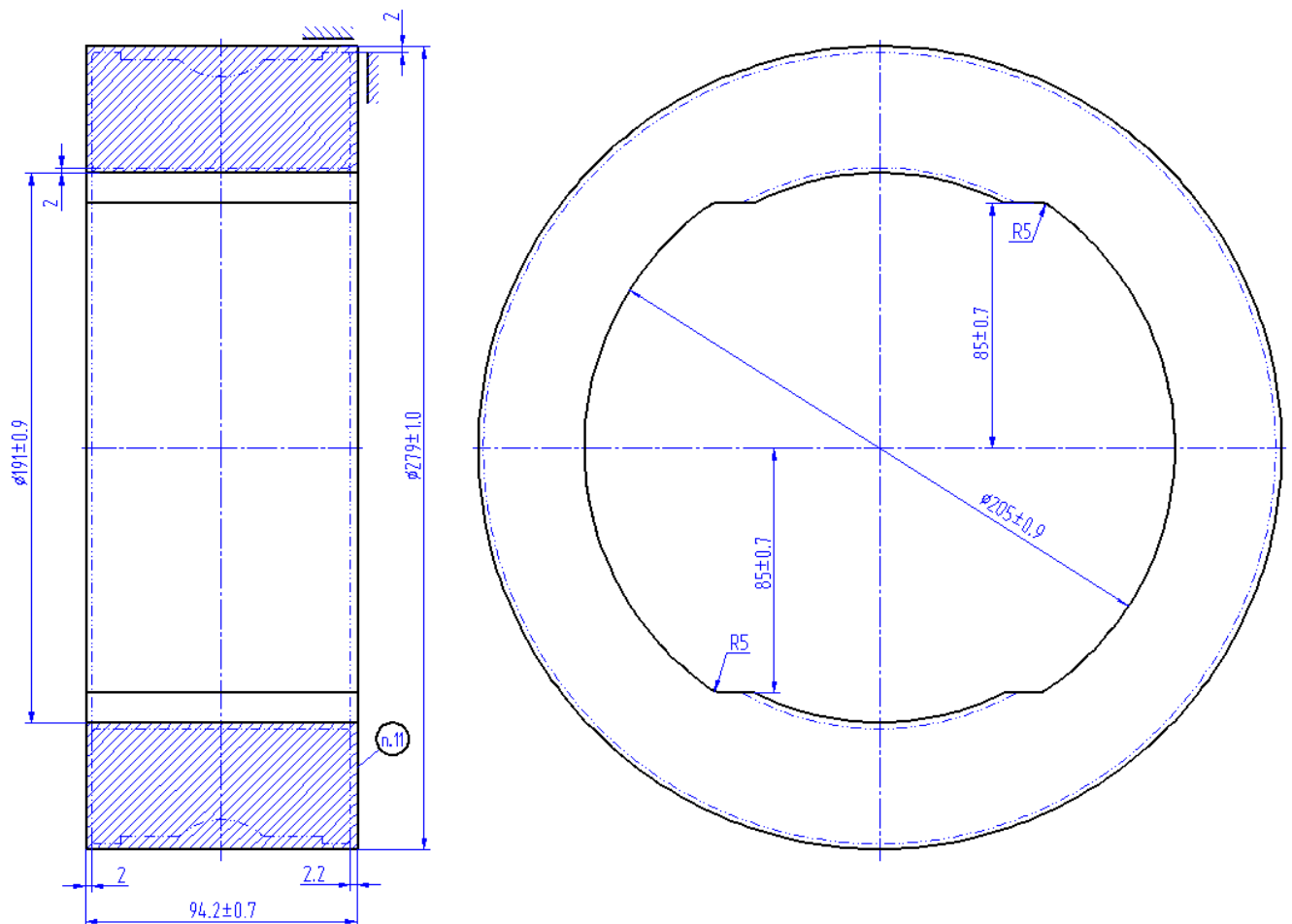


Рисунок 2.2 - Эскиз заготовки

## 2.5 Разработка технологического маршрута

### 2.5.1 Разработка схем базирования

При разработке схем базирования желательно выполнения двух принципов: единства и постоянств баз, их выполнение обеспечит минимальные погрешности изготовления детали. Принцип единства баз, есть совпадение измерительных и технологических баз при обработке, принцип постоянства баз – обработку, в течение всего ТП необходимо вести от одних и тех же технологических баз (исключая черновые).

В качестве черновых баз на первой операции принимаем поверхность 9 и поверхность 11.

При токарной черновой обработке на второй операции в качестве баз используем поверхность 5 и торец 1.

Далее при токарной чистовой обработке прав. конца в качестве баз используем поверхность 3 и торец 1, при обработке левого конца - поверхность 9 и торец 11.

В качестве баз при шлифовальной обработке необходимо брать поверхность 3 и торец 1.

При зубофрезерной обработке базы: поверхность 3 и торец 1.

При долбежной обработке в качестве баз необходимо использовать поверхность 3, торец 1 с угловым центрирование по поверхности 22.

При сверлильной обработке в качестве баз используем поверхность 3, торец 1 с угловым центрирование по поверхности 20.

План изготовления детали со всеми схемами базирования представлен в графической части работы.

### 2.5.2 Технологический маршрут обработки детали

Выполним разработку технологического маршрута по обработки детали «Колесо червячное» и занесем его в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Технологический маршрут обработки колеса червячного

№ оп.	Операция	Поверхности базирования	Поверхности обработки	IT	Ra, мкм	Оборудование
1	2	3	4	5	6	7
005	Токарная (черн.)	9,11	1,3,4,5,14	13	12,5	BCT-625-21 CNC34
010	Токарная (черн.)	1,5	6,7,8,9,11	13	12,5	BCT-625-21 CNC34
015	Токарная (чист.)	9,11	1,2,4,14,15 3 5	10 9 10	6,3 2,5 3,2	BCT-625-21 CNC34
020	Токарная (чист.)	1,3	6,8,10,11,12,13,14 7 9	10 10 9	6,3 3,2 2,5	BCT-625-21 CNC34
025	Кругло-шлифовальная	1,3	6 11	7 9	2,5 1,25	Studer CT960
030	Зубофрезерная	1,3	16 17	8-B 12	2,5 6,3	BCH-332NC22
035	Долбежная	1,3,22	20 21	13 12	6,3 6,3	ARSENAL S315TGI
040	Сверлильная	1,3,20	18 19	8B 13	6,3 6,3	2P135Ф2-1
045	Слесарная					
045	Мочная					KMM
050	Контрольная					

### 2.5.3 План обработки детали

На основании предыдущих расчетов произведем разработку плана обработки детали, где указывается основная информация, полученная в результате расчетов: перечень операций, эскиз обработки, промежуточные допуски размеров на обработку по операциям.

## 2.6 Выбор средств технологического оснащения

### 2.6.1 Выбор оборудования

Произведем выбор оборудования. Результаты выбора станков представлены в таблице 2.5

Таблица 2.5 - Выбор оборудования.

№ оп.	Наименование операции	Станок
005 010	Токарная (черн.)	Токарный станок с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC34
020 025	Токарная (чист.)	Токарный станок с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC34
025	Кругло-шлифовальная	Универсальный шлифовальный станок с ЧПУ СТ960 ф. Studer
030	Зубофрезерная	Полуавтоматический зубофрезерный станок ВСН-332NC22
035	Долбежная	Вертикально-долбежный станок ARSENAL S315TGI
040	Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2-1
045	Моечная	Камерная моечная машина

### 2.6.2 Выбор станочных приспособлений

Произведем выбор станочных приспособлений. Результаты выбора представлены в таблице 2.6

Таблица 2.6 - Выбор приспособлений

№ оп.	Наименование операции	Приспособление
005 010	Токарная (черн.)	Патрон токарн. 3-х кулачков. ГОСТ 2675-80
020 025	Токарная (чист.)	Патрон токарн. 3-х кулачков. ГОСТ 2675-80 Люнет гидравлич. самоцентрир.
025	Кругло-шлифовальная	Патрон мембран. ОСТ 3-3443-76 Люнет гидравлич. самоцентрир.
030	Зубофрезерная	Приспособ. специальное самоцентрир. с пневмоприводом ОСТ 3-2985-75
035	Долбежная	Приспособ. специальное самоцентрир. с пневмоприводом ОСТ 3-2985-75
040	Сверлильная	Приспособ. специальное самоцентрир. с пневмоприводом ОСТ 3-2985-75

### 2.6.3 Выбор режущего инструмента

Произведем выбор режущего инструмента (РИ). Результаты выбора представлены в таблице 2.7

### 2.6.4 Выбор контрольно-измерительных средств

Произведем выбор контрольно-измерительных средств. Результаты выбора представлены в таблице 2.7

Таблица 2.7 - Выбор инструмента

№ оп	Наименование операции	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
1	2	3	4
005 010	Токарная (черн.)	Резец-вставка контурный по ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина ромбическая, ВК8 $\varphi=92^\circ$ , $\varphi_1=8^\circ$ , $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ Резец-вставка расточной сборный по ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина расточная ВК8 $\varphi=93^\circ$ , $\varphi_1=27^\circ$ , $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=1255$	Калибр-скоба Шаблон Калибр-пробка
015 020	Токарная (чист.)	Резец-вставка контурный по ОСТ 2.И.10.1-83. Правый/левый. Пластина ВК4М $\varphi=93^\circ$ , $\varphi_1=27^\circ$ , $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ Резец-вставка расточной сборный по ОСТ 2.И.10.1-83. Пластина расточная ВК4М $\varphi=93^\circ$ , $\varphi_1=27^\circ$ , $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$	Калибр-скоба Шаблон Калибр-пробка
025	Кругло-шлифовальная	Шлиф.круг 6 50x30x15 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлиф.круг 1 400x40x127 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон Приспособл. контрольн. с индикатором
030	Зубофрезерная	Фреза червячная двухзаходная $\varnothing 68$ P6M5K5 ГОСТ 15127-69	Шаблон Приспособл. контрольн. с индикатором
035	Долбежная	Резец долбежный 32x32x180 В=20 P6M5K5 ГОСТ 10046-72	Шаблон



Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4
040	Сверлильная	Сверло ступенчатое комбинированное Ø10,2 ОСТ 2И21-2-76 P6M5K5 Метчик машинный M12 P6M5 ГОСТ 3266-81	Пробка резьбовая Шаблон

## 2.7 Проектирование технологических операций

### 2.7.1 Определение режимов резания с помощью аналитического расчета

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на 040 сверлильную операцию.

#### 2.7.1.1 Содержание операции

Оп 040 Сверлильная

Переход1: Сверлить отверстия с размерами  $\text{Ø}10,2^{+0,27}$ ;  $\text{Ø}220\pm 0,3$ ;  $1\times 45^\circ$ ;  $59\pm 0,23$

Переход2: Нарезать резьбу, с размерами M12;  $\text{Ø}220\pm 0,3$ ;  $63\pm 0,23$

#### 2.7.1.2 Применяемое оборудование

Принимаем вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2P135Ф2-1

#### 2.7.1.3 Определение режимов резания

Расчет выполним на переход 1. Режимы резания на переход 2 приводим в таблице 2.8

Припуск на обработку:

$$t = D/2 = 10,2/2 = 5,1 \text{ мм.} \quad (2.15)$$

где  $D$  – диаметр отверстия, мм.

Подача на оборот инструмента  $S$ , мм./об.

$S = 0,45-0,55$  мм./об. [7, с. 277]. Принимаем  $S = 0,5$  мм./об.

Выполним расчет скорости резания  $V$ , м./мин., по формуле

$$V = \frac{C_U \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.16)$$

где  $C_U$  – параметр условий обработки;  $C_U = 32,6$  [15, с. 278]

$T$  – время работы инструмента между переточками, минут;  $T = 40$  мин.  
[15, с. 279]

$m, q, y$  – параметр степени;  $m = 0.125, q = 0.25, y = 0.40$  [15, с.278]

$K_U$  – параметр, который учитывает условия резания [15, с.282]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{UV} \cdot K_{IV}, \quad (2.17)$$

где  $K_{MV}$  – данный параметр учитывает качество материала обработки

$K_{MV} = 1,0$  [15, с.263]

$K_{UV}$  – данный параметр учитывает инструментальный материал;

$K_{IU} = 1,0$  [15, с.263]

$K_{IV}$  – данный параметр учитывает глубину обрабатываемого отверстия  $K_{IV} = 1,0$  [15, с.280];

$$K_U = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$V = \frac{32,6 \cdot 10,2^{0,25}}{40^{0,125} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 1,0 = 48,5 \text{ м./мин.}$$

Частота вращения шпинделя,  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ , будет равна:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.18)$$

где  $V$  – рассчитанная скорость резания, м./мин.

$$n = \frac{1000 \cdot 48,5}{3,14 \cdot 10,2} = 1513 \text{ мин}^{-1}.$$

Произведем корректирование частоты вращения шпинделя, исходя из паспортных данных станка.

По паспорту станка принимаем:  $n_1 = 1600 \text{ мин}^{-1}$ .

Тогда скорректируем фактическую скорость резания в зависимости от принятой частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 10.2 \cdot 1600}{1000} = 51.2 \text{ м./мин.}$$

Расчёт сил резания

Крутящий момент равен:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.19)$$

Осевая сила равна.:

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.20)$$

где  $C_m, C_p$  – параметр поправочный;  $C_m = 0,012$ ;  $C_p = 31,5$  [15, с.281]

$q, y$ , - показатели степени;

для крутящего момента  $q = 2.0, y = 0.8$  [15, с.281]

для осевой силы  $q = 1.0, y = 0.8$  [15, с.281]

$K_p$  – поправочный параметр

$$K_p = K_{MP} \quad (2.21)$$

$K_{MP}$  – поправочный параметр на качество обрабатываемого материала

$K_{MP} = 1,0$  [15, с.265]

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,012 \cdot 10,2^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1,0 = 7,17 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$P_o = 10 \cdot 31,5 \cdot 10,2^{1,0} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1,0 = 1845 \text{ Н.}$$

Мощность резания  $N$ , кВт равна:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{7.17 \cdot 1600}{9750} = 1,17 \text{ кВт.} \quad (2.22)$$

Проверка по мощности станка:

$$N_{шп} = N_d \cdot \eta = 3,7 \cdot 0,8 = 3,0 \text{ кВт; } 1,17 < 3,0, \text{ расчет верен}$$

## 2.7.2 Расчет режимов резания табличным методом

На все остальные операции рассчитаем режимы резания табличным методом, пользуясь источником [1]. Все рассчитанные данные сведем в таблицу 2.8

Таблица 2.8 – Режимы резания

№ оп	Наим. оп.	Наимен. перехода	t,	S <sub>таблич.</sub>	V <sub>таблич.</sub>	n <sub>таблич.</sub>	n <sub>принят.</sub>	V <sub>принят.</sub>
			мм.	мм./об.	м./мин.	об./мин.	об./мин.	м./мин.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Токарная (черн.)	Точ.Ø276,1	1,4	0,50	150,0	173	173	150,0
		Точ.Ø271,1	2,0max	0,50	140,0	164	164	140,0
		Расточ.Ø193,9	1,4	0,50	135,0	221	221	135,0
10	Токарная (черн.)	Точ.Ø276,1	1,4	0,50	150,0	173	173	150,0
		Точ.Ø271,1	2,0max	0,50	140,0	164	164	140,0
		Точ.Ø259,6	2,0max	0,50	140,0	171	171	140,0
15	Токарная (чист.)	Точ.Ø275	0,55	0,10	410,0	474	474	410,0
		Подр.торец до Ø275	0,55	0,15	380,0	440	440	380,0
		Точ.Ø270	0,55	0,15	380,0	448	448	380,0
		Расточ.Ø195	0,55	0,25	310,0	506	506	310,0
20	Токарная (чист.)	Точ.Ø275	0,55	0,10	410,0	474	474	410,0
		Подрез.торец до Ø275	0,55	0,15	380,0	440	440	380,0
		Точ.Ø270	0,55	0,15	380,0	448	448	380,0
		Точ.Ø258,5	0,55	0,25	340,0	379	379	340,0
		Точ.канавку Ø240	0,75	0,10	180,0	238	238	180,0
25	Круглошлифовальная	Шлиф.Ø258	0,25	0,9/0,25*	25	30	30	25
		Шлиф.торец Ø275/195	0,25	3600* <sup>2</sup> 0,012* <sup>3</sup>	25	29	29	25
30	Зубофрезерная	Фрезер. зубья фрезой Ø68	13,2	0,55	29	135	125	26,7
35	Долбежная	Долбить шпон.паз В=20	10	0,2	45	K=238	200	37,8
40	Сверлильная	Сверл.Ø10,2	5,1	0,5	48,5	1513	1600	51,2
		Нарез.резьбу М12	1,0	1,0	20	530	500	18,8

\* - подача черновая/чистовая в мм./мин.

\*<sup>2</sup> - подача продольная в мм./мин.

\*<sup>3</sup> - подача поперечная в мм./ход

## 2.7.3 Определение норм времени на все операции

Произведем определение норм штучно-калькуляционного времени

T<sub>штуч-кальк</sub>, минут, согласно формулы [5, с.101]

$$T_{штуч-кальк} = T_{под-заг}/n_{прогр.} + T_{штуч.} \quad (2.23)$$

где  $T_{\text{под-заг}}$  – табличные нормативы времени подготовительно-заключительных работ;

$n_{\text{прогр.}}$  – величина настроечной партии заготовок, штук, она равна:

$$n_{\text{прогр.}} = N \cdot a / D_{\text{раб}}, \quad (2.24)$$

где  $N$ - программа выпуска деталей, в год;

$a$ - период запуска партии деталей в днях, принимаем для нашего случая  $a=6$ ;

$D_{\text{раб}}$ - рабочие дни

$$n_{\text{прогр.}} = 5000 \cdot 12 / 254 = 236 \text{ шт.}$$

Произведем расчет норматива штучного времени  $T_{\text{шт.}}$ :

Для операций лезвийной обработки, кроме операций абразивной обработки  $T_{\text{шт.}}$  будет равно [5, с.101]:

$$T_{\text{штуч}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{вспом}} \cdot k + T_{\text{об.от}} \quad (2.25)$$

где  $T_{\text{осн}}$  – время основной обработки заготовки;

$T_{\text{вспом}}$  – время вспомогательных работ;

$k$  – серийный показатель.

$T_{\text{об.от}}$  - норматив времени, связанный с обслуживанием рабочего места, а также отдыха и личных надобностей.

Для операции абразивной обработки (шлифовальной)  $T_{\text{шт.}}$  будет равно:

$$T_{\text{штуч}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{вспом}} \cdot k + T_{\text{технич.}} + T_{\text{организац.}} + T_{\text{отдых.}} \quad (2.26)$$

где  $T_{\text{технич.}}$  - норматив времени, связанный с техническим обслуживанием рабочего места станочника, который определяется по формуле (2.27);

$T_{\text{организац.}}$  - норматив времени, связанный с организационным обслуживанием;

$T_{\text{отдых}}$  - норматив времени, связанный с перерывами рабочего для отдыха и личных надобностей.

$$T_{\text{технич}} = T_{\text{осн}} \cdot t_{\text{п}} / T, \quad (2.27)$$

где  $t_{\text{п}}$  - норматив времени, связанный с правкой шлифовального круга роликом или алмазом;

$T$  - стойкость шлифовального круга.

Определим норматив времени вспомогательного  $T_{\text{вспом.}}$ :

$$T_{\text{вспом}} = T_{\text{устан.}} + T_{\text{закреп.}} + T_{\text{управл.}} + T_{\text{измер.}}, \quad (2.28)$$

где  $T_{\text{устан.}}$  – норматив времени, связанный с установкой и снятием детали;

$T_{\text{закрепл}}$  - норматив времени, связанный с закреплением и откреплением детали;

$T_{\text{управл.}}$  - норматив времени, связанный с приемами управления станком;

$T_{\text{измер.}}$  - норматив времени, связанный с измерением детали.

$$T_{\text{тех}} = T_{\text{о}} \cdot t_{\text{п}} / T, \quad (2.29)$$

где  $t_{\text{п}}$  - норматив времени, связанный с правкой шлифовального круга роликом или алмазом;

$T$  - стойкость шлифовального круга.

Расчет времени по приведенной методике оформим в виде таблицы 2.9.

Таблица 2.9 - Нормы времени

№ оп	Наименование оп	$T_{\text{осн.}}$	$T_{\text{вспом.}}$	$T_{\text{операт.}}$	$T_{\text{об.от.}}$	$T_{\text{под-заг.}}$	$T_{\text{штуч.}}$	$n_{\text{прогр}}$	$T_{\text{штуч-кальк.}}$
		минут	минут	минут	минут	минут	минут		минут
05	Токарная (черн.)	2.331	1.576	3.907	0.234	23	4.141	236	4.239
10	Токарная (черн.)	2.638	1.598	4.236	0.254	20	4.49	236	4.575
15	Токарная (чист.)	1.864	1.65	3.514	0.211	23	3.725	236	3.822
20	Токарная (чист.)	1.545	1.798	3.343	0.201	20	3.544	236	3.628
25	Круглошлифовальная	2.016	1.721	3.737	0.389	24	4.126	236	4.228
30	Зубофрезерная	4.085	1.609	5.694	0.342	25	6.036	236	6.142
35	Долбежная	0.510	1.354	1.864	0.112	20	1.976	236	2.061
40	Сверлильная	0.286	1.620	1.906	0.114	24	2.020	236	2.122

### 3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

В технологическом процессе для базирования и закрепления заготовки на 015 токарной операции используется клиновой патрон. Проведем расчет патрона под конкретные условия обработки и описание его конструкции.

##### 3.1.1 Расчет усилия резания

Для дальнейших расчетов определим главную составляющую силы резания  $P_z$  по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.1)$$

где  $C_p$  - коэффициент условий обработки;  $C_p = 55$  [15, с.273]

$x, y, n$  – коэффициенты степени;  $x=1.0, y=0.66, n=0$ ;

$K_p$  – коэффициент влияния параметром материала и инструмента.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p}, \quad (3.2)$$

$K_{MP}$  - коэффициент влияние материала  $K_{MP}=1,0$  [15, с.265]

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{\Gamma p}$  – коэффициенты влияния инструмента.

$K_{\varphi p}=0,89 \quad K_{\gamma p}=1,0 \quad K_{\lambda p}=1,0 \quad K_{\Gamma p} = 1,0$

$P_z = 10 \cdot 55 \cdot 3 \cdot 0^{1,0} \cdot 0,5^{0,66} \cdot 137,9^0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 929 \text{ Н.}$

##### 3.1.2 Расчет усилия зажима

Система сил действующих на заготовку в процессе токарной операции: с одной стороны действует сила резания, которая стремится вырвать заготовку из приспособления, препятствует этому сила зажима. Условие равенства момен-

тов сил и с учетом коэффициента запаса определим требуемое усилие зажима.

Схема сил возникающих в процессе резания и сил зажима представлена на рисунке 3.1.

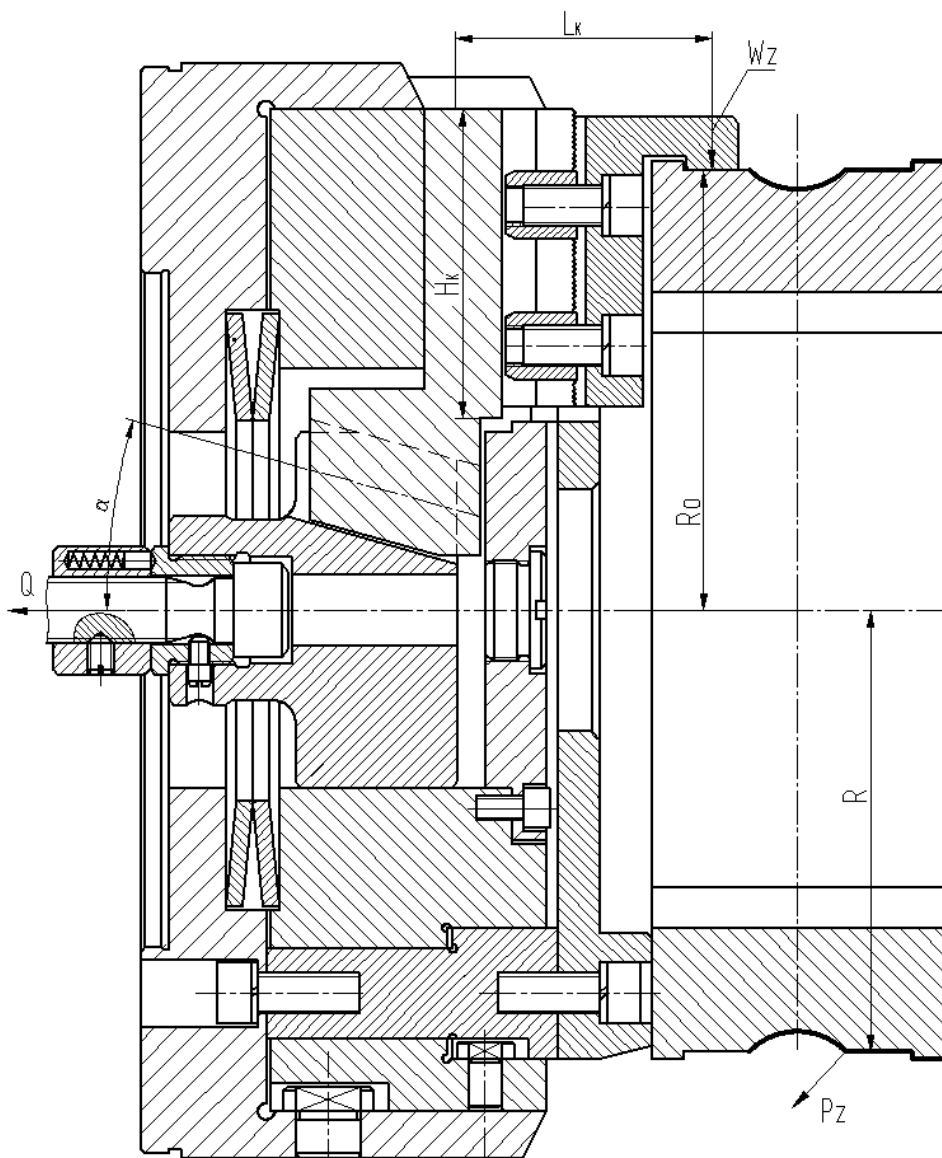


Рисунок 3.1 - Схема действий усилий резания и зажима

Сила зажима 3-мя кулачками:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (3.3)$$

где  $K$  – гарантированный параметр;

$P_z$  – касательная сила резания, Н.;

$R_0$  –  $\frac{1}{2}$  диаметра поверхности контактирующая с кулачком, мм;  $R_0 =$



271.1/2 мм.

$R$  – ½ диаметр поверхности обточка, мм.;  $r_2 = 271,1/2$  мм.;

$f$  – параметр, препятствующий подвижности кулачка и поверхности заготовки;  $f = 0,16$  (кулачки гладкие)

Произведем расчет коэффициента запаса  $K$ :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.4)$$

где  $K_0$  - коэффициент гарантированного запаса.  $K_0 = 1,5$  [16, с.382];

$K_1$  – данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при случайных неровностях на обрабатываемых поверхностях заготовки.  $K_1 = 1,2$  [16, с.382];

$K_2$  – данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента.  $K_2 = 1,0$  [16, с.383];

$K_3$  – данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании.  $K_3 = 1,2$  [16, с.383];

$K_4$  – данный коэффициент характеризует постоянство сил, которые развивает зажимной механизм приспособления  $K_4 = 1,0$  [16, с.383];

$K_5$  – данный коэффициент характеризует эргономику при немеханизированном зажиме  $K_5 = 1,0$  [16, с.383].

$K_6$  – данный коэффициент учитывается при наличии моментов резания, которые стремящихся повернуть заготовку, которая установлена плоской поверхностью.  $K_6 = 1,0$  [16, с.384].

$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16$ , тогда т.к.  $K < 2,5$ , принимаем  $K = 2,5$ .

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 929 \cdot 271,1/22}{0,16 \cdot 271,1/2} = 14516 \text{ Н.}$$

### 3.1.3 Расчет зажимного механизма

На основании схемы зажимного механизма (рисунок 3.1) определим величину усилия зажима  $W_1$ , прикладываемой к постоянным кулачкам:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot \frac{L_K}{H_K}}, \quad (3.5)$$

где  $K_1 = (1,05 \div 1,1)$  – параметр, учитывающий дополнительные силы трения в патроне. Принимаем  $K_1 = 1,1$  [2, с.153]

$f_1$  – параметр трения,  $f_1 = 0,1$  [2, с.153];

$L$  – длина, мм.;  $L_K = 78$  мм.;

$H_K$  – размер, мм.;  $H_K = 94$  мм.

$$W_1 = 1.1 \cdot \frac{14516}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot \frac{78}{94}} = 21259 \text{ Н.}$$

Определяем усилие  $Q$ :

$$Q = (W_1 + P) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.6)$$

где  $\alpha$ - угол скоса клина;

$\varphi$ - угол трения.

$P$  – усилие пружин сжатия

$$Q = (21259 + 2600) \cdot \operatorname{tg}(15 + 5^{\circ}43') = 9018 \text{ Н.}$$

### 3.1.4 Расчет силового привода

Диаметр поршня пневмоцилиндра равен:

$$D = 1,19 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (3.7)$$

где  $p$ - рабочее давление сжатого воздуха, МПа;

$\eta = 0,9$ -КПД привода

$$D = 1,19 \cdot \sqrt{\frac{9018}{0,4 \cdot 0,90}} = 188 \text{ мм.}$$

Принимаем  $D = 200$  мм.

Ход поршня  $h_{ш}$  пневмоцилиндра равен ходу клина  $S_k$  и определяется по формуле

$$h_{ш} = S_k = S_w \cdot i_{п}, \quad (3.8)$$

где  $S_w = 4$  мм. – ход кулачка;

$i_{п} = \operatorname{ctg}\alpha$  - передаточное отношение.

$$i_{п} = \operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{ctg}15^\circ = 3,73;$$

$$h_{ш} = 4 \cdot 3,73 = 14,92 \text{ мм. Примем } h_{ш} = 15 \text{ мм.}$$

### 3.1.5 Расчет погрешности базирования

Для самоцентрирующего патрона и при доработке кулачков после сборке и для упрощения расчетов в учебной работе можно принять погрешность базирования  $\varepsilon_b = 0$ .

### 3.1.6 Описание конструкции и принципа работы приспособления

На основе расчета начертим чертеж приспособления, который представлен в графической части данной бакалаврской работы.

Приспособление состоит из клино-плунжерного 3-х кулачкового патрона с установкой заготовки по наружной поверхности в кулачках и пневмопривода.

Патрон сажается на фланец шпинделя и закрепляется винтами, позиция 37 с шайбами, позиция 48.

Патрон содержит корпус, позиция 12, в нем на тарельчатых пружинах, позиция 22 с помощью стойки, позиция 23 устанавливается втулка, позиция 6. Стойка, позиция 16 прикрепляется к корпусу, позиция 12 с помощью винтов, позиция 35 и шайб, позиция 47. При воздействии тарельчатых пружин, позиция 22, у втулки есть возможность перемещения в корпусе, позиция 12 на величину поджима 0,5 мм.

Для предотвращения поворота втулки, позиция 6, в ее паз входит головка шпонки, позиция 27, которая установлена в корпусе патрона, позиция 12.

Для предотвращения поворота стойки, позиция 23, в ее паз входит головка шпонки, позиция 26, она установлена во втулке, позиция 6.

В Т-образных направляющих втулки, позиция 6 установлены подкулачники, позиция 17. К подкулачникам винтами, позиция 34 с шайбами, позиция 47 с помощью сухарей, позиция 24 крепятся сменные кулачки, позиция 15. В центральном отверстии втулки, позиция 6 патрона установлен клин, позиция 8. В Т-образный наклонный паз клина входит подкулачник, позиция 17. Отверстие втулки, позиция 6 закрывает крышка, позиция 13 с пробкой, позиция 20.

Винт, позиция 2, установленный в отверстии клина, позиция 8 во втулке, позиция 3, фиксируется с помощью втулки, позиция 4 с винтом, позиция 31, фиксатором, позиция 29 и пружиной, позиция 21.

Винт, позиция 2 с помощью гайки, позиция 39 соединен с тягой, позиция 25, которая, в свою очередь соединена со штоком 28, позиция пневмоцилиндра.

Пневмоцилиндр содержит корпус, позиция 11, в нем с помощью винтов 36, позиция с шайбами, позиция 47 установлена крышка, позиция 14. В пневмоцилиндре установлен поршень, позиция 18, он с помощью гайки, позиция 38 с шайбой, позиция 46 крепится к штоку, позиция 28. В штоке установлена втулка, позиция 5 с кольцами, позиция 9 и позиция 10. В отверстие втулки, позиция 5 входит трубка муфты, позиция 1 для подвода воздуха.

Муфта, позиция 1 установлена в корпусе, позиция 11 с помощью гайки.

Для уплотнения в пневмоцилиндре установлены уплотнит. кольца, позиция 40,41,42,43,44,45.

Для предотвращения ударов поршня о стенки корпуса, позиция 11 и крышки 14, позиция на поршне, позиция 18 установлены демпферы, позиция 7.

Пневмоцилиндр устанавливается на заднем конце шпинделя на фланце, который крепится болтами, позиция 30 с шайбами, позиция 47.

Патрон работает следующим образом:

Заготовка устанавливается до упора в опору, позиция 16. При подаче давления в штоковую полость пневмоцилиндра клин, позиция 8 отходит влево, подкулачники, позиция 17 скользят по наклонному пазу вниз, кулачки, позиция 15 сходятся, закрепляя заготовку. Если заготовка не доходит своим торцом до опоры, позиция 16, то при ходе клина, позиция 8 назад втулка, позиция 6, преодолевая сопротивление тарельчатых пружин, позиция 22 тянет подкулачники, позиция 17 с кулачками, позиция 15 назад на величину поджима, прижимая за-

готовку к опоре, позиция 16.

При подаче воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра клин, позиция 8 отходит влево, подкулачники, позиция 17 скользят по наклонному пазу вверх и кулачки, позиция 15 расходятся, раскрепляя заготовку.

## 3.2 Проектирование контрольного приспособления

### 3.2.1 Конструкции базового приспособления. Цели проектирования

После шлифовальной операции 025 выполняется контроль биения базовых поверхностей относительно базовой шейки. Спроектируем приспособление для контроля биения, взяв за основу приспособления для аналогичных деталей и улучшив его конструкцию, применив электронные индикаторы фирмы Mitutoyo, Япония

### 3.2.3 Описание конструкции приспособления

Приспособление содержит основание, позиция 6, к которому винтами, позиция 13 крепится базовая плита, позиция 8, на которую устанавливаются индикаторные блоки, позиция 1 и 2. В отверстие основания, позиция 6 устанавливается фланец, позиция 11, закрепленный винтами, позиция 14. В отверстие фланца установлена самоцентрирующая мембранная оправка, позиция 3. На плите также установлена стойка, позиция 9 с опорой, позиция 5, закрепленная винтами, позиция 12.

Для установки приспособления на контрольном столе на базовой плите установлены ножки, позиция 4 с пальцами, позиция 7.

Приспособление работает следующим образом:

Контролируемая заготовка стоит в оправке, позиция 3 с упором в опору, позиция 5. Мембранная оправка, позиция 2 зажимается, центрируя заготовку по базовой поверхности. Для снятия заготовки в мембранной оправке нажимной винт вкручивают и он давит на мембрану, которая выгибается, ее кулачки расходятся,

раскрепляя заготовку.

Для контроля биения торца на плиту, позиция 8 устанавливается индикаторный блок, позиция 1. В торец упираем вставку индикатора. Вращая деталь, эта вставка повторяет неровности профиля контролируемой детали, отклоняется и с индикатора берут показания о биении торца относительно базовой поверхности.

Для контроля биения наружной поверхности на плиту, позиция 8 устанавливается индикаторный блок, позиция 2. В контролируемую шейку упирается вставка индикатора. Вращая деталь, вставка индикатора повторяет неровности профиля детали, отклоняется и с индикатора снимают показания о биении наружной поверхности относительно базовой поверхности.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Произведем описание технологического объекта данной бакалаврской работы, которое характеризуется паспортом объекта, в котором описываются этапы техпроцесса, виды работ, применяемое технологическое оборудование и перечень различных расходных материалов и веществ, которые участвуют в данном этапе техпроцесса. Внесем данные в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Результаты заполнения технологического паспорта объекта

Наименование перехода технологического процесса, выполняемые работы, должность работника	Модель технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1) Пер.: Литье, Оп: Заготовительная, Рабочий: Литейщик	Печь литейная	Металл
2) Пер: Точение, Оп: Токарная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ	ВСТ-625-21 CNC34	Металл, СОЖ
3) Пер: Круглое шлифование, Оп: Круглошлифовальная, Рабочий: Шлифовщик	СТ960	Металл, СОЖ
4) Пер: Зубофрезерование, Оп: Зубофрезерная, Рабочий: Зуборезчик	ВСН-332NC22	Металл, СОЖ
5) Пер: Долбление, Оп: Долбежная, Рабочий: Долбежник	S315TGI	Металл, СОЖ
6) Пер: Сверление, Оп: Сверлильная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ	2P135Ф2-1	Металл, СОЖ

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

Произведем определение основных производственных, технологических, эксплуатационных профессиональных рисков, которые согласно ГОСТ 12.0.003-

74, именуются как опасные и вредные производственные факторы.

Опишем эти факторы для основных технологических операций с наименованием операций и переходов, перечнем произв. факторов и источником этих факторов. Результаты приводим в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Определение профессиональных рисков

Переход техпроцесса, операция, Источник возникновения произв. фактора	Перечень опасных и вредных произв. фактор
1	2
Оп: Заготовительная Источник: Печь литейная	Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов, большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке
Оп: Токарная Источник: ВСТ-625-21 CNC34 Оп: Зубофрезерная Источник: ВСН-332NC22 Оп: Долбежная Источник: S315TGI Оп: Сверлильная Источник: 2P135Ф2-1	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы
Оп: Круглошлифовальная Источник: СТ960	Перемещающиеся машины и части механизмов; перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и передвигающиеся обрабатываемые изделия, заготовки; воздействие пыли и загазованности приводит к фиброгенному воздействию на организм; большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке; при применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы

### 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Анализируя действующие опасные и вредные производственные факторы, опишем организационно-технические методы, а также технические средства для защиты от них. Результаты приводим в таблице 4.3



Таблица 4.3 – Перечень средства и методов устранения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный, вредный произв. фактор	Организационные методы, технические средства, средства индивидуальной защиты (СИЗ) для защиты, снижения и устранения опасного, вредного произв. фактора
1	2
1) Высокая или низкая температура на поверхностях технологического оборудования, применяемых материалов	Орг.методы: Ограждение оборудования СИЗ: Краги для металлурга
2) Перемещающиеся машины и части механизмов	Орг.методы: Необходимо соблюдать правила безопасности выполняемых работ СИЗ: Каска защитная, очки защитные
3) Перемещающиеся узлы технологического оборудования, вращающиеся и перемещающиеся обрабатываемые изделия, заготовки	Орг.методы: Защитное огораживание технологического оборудования СИЗ: Каска защитная, очки защитные
4) Воздействие пыли, загазованности, стружки приводит к фиброгенному воздействию	Орг.методы: Необходимо применение вентиляции, в частности приточно-вытяжной СИЗ: Респиратор
5) При применении СОЖ возникают токсические и раздражающие факторы	Орг.методы: Необходимо применение вентиляции, в частности приточно-вытяжной, ограждать технологическое оборудование, на станках применять защитные экраны СИЗ: Респиратор, перчатки
6) Большой уровень шума на участке, высокая вибрация на технологическом оборудовании и оснастке;	Орг.методы: Подналадка технологического оборудования для исключения его шума, при увеличении жесткости технологических систем уменьшаются резонансные колебания, применение специальных материалов, которые поглощают шум, колебания и вибрации СИЗ: беруши, наушники

#### 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

##### 4.4.1 Определение опасных факторов пожара

Произведем выявление возможных опасных факторов, которые могут привести к пожару. Определим класс пожара (А...F) в зависимости от горения различных веществ, материалов и газов.

А также, наряду с опасными факторами пожара, непосредственно воздействующими на людей и материальное имущество опишем также сопутствующие проявления опасных факторов пожара.

Все полученные данные заносим в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Определение классов и опасных факторов пожара

Технологический участок, применяемое оборудование	Наименование класса пожара	Возникающие факторы пожара: опасные и сопутствующие
1	2	3
Участок: Литейный Оборуд: Печь литейная	Класс D – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно металлов	Опасн: Пламя и искры; тепловой поток Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.
Участок: Лезвийная обработка Оборуд: ВСТ-625-21 ВСН-332NC22, S315TGI, 2P135Ф2-1	Класс В – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно различных горючих жидкостей, в также плавящихся твердых веществ и материалов	Опасн: Пламя и искры Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.
Участок: абразивная шлифовальная обработка Оборуд: СТ960	Класс В – это пожары, которые связаны с воспламенением и горением непосредственно различных горючих жидкостей, в также плавящихся твердых веществ и материалов	Опасн: Пламя и искры Сопутств: Возможный вынос или замыкание электрического напряжения, возникающего на токопроводящих частях тех. оборудования, технологической оснастки, электрических шкафов, агрегатов и т.д.

4.4.2 Определение организационных мероприятий и подбор технических средств для обеспечения пожарной безопасности разрабатываемого технического объекта

Подберем организационно-технические методы и технические средства, необходимые для защиты от пожаров.

1) Первичные средства пожаротушения. К ним относятся огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком

2) Мобильные средства пожаротушения. К ним относятся пожарные авто-

мобили, пожарные лестницы.

3) Автоматические пожарные средства. К ним относятся различные приемно-контрольные пожарные приборы, а также технологические средства, применяемые для оповещения и управления эвакуацией.

4) Пожарное оборудование. К нему относятся различные напорные пожарные рукава, а также рукавные разветвления.

5) Средства для индивидуальной защиты, а также спасения людей при пожарах. К ним относятся пожарные веревки, различные карабины, а также респираторы и противогазы.

6) Пожарный инструмент. К нему относится как механизированный, так и немеханизированный инструмент: пожарные багры, ломы, лопаты и т.д.

7) Пожарные сигнализация. К ним относятся автоматизированные извещатели для связи и оповещения.

#### 4.4.3 Определение организационных и организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение пожара

Произведем разработку организационных и организационно-технических мероприятия, необходимых для предотвращения возникновения пожара, а также опасных факторов, которые способствуют возникновению пожара на одну из операций.

Операция: Зубофрезерная, оборудование: ВСН-332NC22

Произведем описание видов реализуемых организационных и организационно-технических мероприятий:

- необходимо контролировать правильную эксплуатацию производственного оборудования, содержать его в технически исправном состоянии;
- своевременно проводить пожарный инструктаж по пожарной безопасности;
- повсеместно применять различные автоматические устройства, предназначенные для тушения пожаров, устройства обнаружения возгораний и устройства оповещения при пожаре.

Произведем описание требования, которые необходимо предъявить для обеспечения пожарной безопасности:

- своевременно проводить противопожарное инструктирование работников,
- запрещать курение в неотведенных для этого местах, запрещать применение открытых очагов огня вне производственных мест,
- при проведении работ, связанных с возгоранием необходимо строго соблюдать меры пожарной безопасности,
- необходимо применять средства для тушения пожаров,
- необходимо применять средства сигнализации и извещения о возгорании.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Произведем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, которые возникают при технологическом процессе.

##### 4.5.1 Идентификация экологических факторов технического объекта

В зависимости от вида предлагаемого технологического процесса проведем идентификацию негативных экологических факторов применимо к одной из операций.

Операция: Зубофрезерная, оборудование: ВСН-332NC22

1) Структурные составляющие рассматриваемого технического объекта или технологического процесса:

- оборудование: ВСН-332NC22

2) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объекта на атмосферу:

- пыль стальная.

3) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объекта на гидросферу:

- различные вещества, находящиеся во взвешенном состоянии;
- различные нефтяные продукты;
- применяемая в производстве СОЖ

4) Фактор негативного воздействия рассматриваемого технического объек-

екта на литосферу:

- получаемые в процессе производства отходы, основная их часть хранится в металлических контейнерах в 1,0 м<sup>3</sup>.

4.5.2 Определение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение негативных антропогенных воздействий разрабатываемого технического объекта на окружающую среду.

Произведем описание разработанных организационно-технических мероприятий, которые направлены на уменьшение вредного антропогенного воздействия разрабатываемого технического объекта на окружающую среду, применимо к одной из операций.

Результат занесем в таблицу 4.3

Таблица 4.8 - Организационно-технические мероприятия уменьшения вредного антропогенного воздействия разрабатываемого технического объекта на окружающую среду.

Операция, оборудование	Наименование технического объекта. Мероприятия, направленные на снижение вредного антропогенного воздействия на:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Операция: Зубофрезерная, оборудование: ВСН-332NC22	Применение «сухих» механических пылеуловителей	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

#### 4.6 Заключение по разделу

В результате выполнения данного раздела были получены следующие результаты:

- произведено описание техпроцесса изготовления детали, выбранного оборудование, должностей работников, применяемых в техпроцессе веществ и материалов;

- определены профессиональные риски по операциям техпроцесса, описа-

ны возникающие опасные и вредные производственные факторы. Для защиты от воздействия этих факторов определены организационные методы, технические средства и средства индивидуальной защиты;

- рассмотрено обеспечение пожарной и техногенной безопасности, разработаны технические средства и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;

- рассмотрены экологические факторы с разработкой мероприятий по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 5 Экономическая эффективность работы

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

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p style="text-align: center;"><u>Операция 025 – Токарная тонкая</u></p> <p>Чистовая обработка радиуса и торца производится тонким точением.</p> <p><u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 200НГ.</p> <p><u>Оснастка</u> – Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76</p> <p>Люнет гидравлический самоцентрирующий</p> <p><u>Инструменты</u></p> <p>1 Резец-вставка подрезной. Пластина 3-х гранная, Т30К4. <math>TO1 = 3,666</math> мин.</p> <p>2 Резец-вставка контурный. Пластина ромбическая, Т30К4. <math>TO2 = 2,133</math> мин.</p> <p>Штучное время операции <math>T_{шт} = 8,073</math> мин.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Операция 025 – Круглошлифовальная</u></p> <p>Чистовая обработка радиуса и торца производится черновым шлифованием.</p> <p><u>Оборудование</u> – Универсальный шлифовальный станок с ЧПУ Studer СТ-960.</p> <p><u>Оснастка</u> – Патрон мембранный ОСТ 3-3443-76 Люнет гидравлический самоцентрирующий</p> <p><u>Инструменты:</u></p> <p>1 Шлифовальный круг 6 50x30x15 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 <math>TO1 = 1,311</math> мин.</p> <p>2 Шлифовальный круг 1 400x40x127 63С F36 О 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 <math>TO2 = 0,906</math> мин.</p> <p>Штучное время операции <math>T_{шт} = 4,288</math> мин.</p>

Описанные, в таблице 5.1., условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для

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

- программа выпуска изделия, равная 10000 шт.;
- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом ТП не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;
- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;
- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [10], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 5.1.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по затратам, входящим в технологическую себестоимость, что дает право сделать предварительное заключение об эффективности предложений. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.



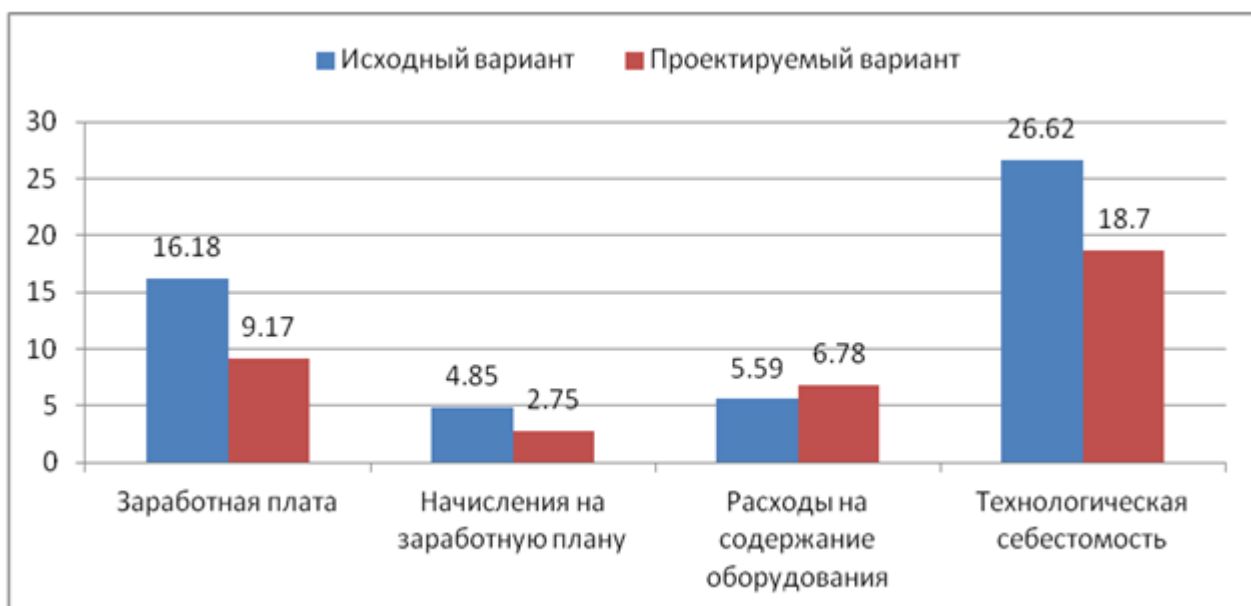


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, рублей.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [10], данная величина составила 182832,81 рублей, в состав которой входят затраты на приобретение нового оборудования, инструмента, проектирование технологического процесса и т.д.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [10], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Срок окупаемости инвестиций	$T_{OK}$ , лет	3
2	Общий дисконтированный доход	$D_{OBSL, ДИСК}$ , руб.	219336,48
3	Интегральный экономический эффект	$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД$ , руб.	36503,67
4	Индекс доходности	$ИД$ , руб.	1,2

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта. А именно:

- получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 36503,67 руб.;
- рассчитано значение срока окупаемости – 3 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия;
- и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,2 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения бакалаврской работы были решены задачи сформулированные в п. 1.4.2. Основная цель работы достигнута – спроектирован современный техпроцесс обработки детали «Колесо червячное», обеспечен заданный годовой выпуск деталей, снижена себестоимости обработки детали и повышено качества изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Был разработан прогрессивный технологический процесс обработки детали для условий среднесерийного типа производства с программой выпуска 10000 штук, спроектирована заготовка, полученная методом литья с припусками, рассчитанными аналитическим методом. При проектировании ТП применено высокопроизводительное оборудование отечественного и импортного производства, современная технологическая оснастка, производительный инструмент.

Спроектированы патрон токарный с механизированным приводом и приспособление для контроля биения.

Экономический эффект при сравнении вариантов техпроцесса составит 36503,67 рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

- 1 Базров, Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. — М. : Машиностроение, 2007. — 736 с.
- 2 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Издание третье, переработанное и дополненное - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 3 Блюменштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки. / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 224 с.
- 4 Богодухов, С.И. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник. / С.И. Богодухов, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, Е.С. Козик. — М. : Машиностроение, 2009. — 432 с.
- 5 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Методические указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 6 Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. / А.Ф.Горбачевич, В.А. Шкред; пятое издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учебное пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 Гусев, А.А. Проектирование технологической оснастки./ А.А. Гусев, И.А. Гусева. —М. Машиностроение, 2013. — 416 с.
- 9 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку, 2010.
- 10 Добрыдnev, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыдnev, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 11 Зубкова, Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 123 с.
- 12 Звонцов, И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 179 с.

13 Маталин, А.А. Технология машиностроения. — СПб. : Лань, 2016. — 512 с.

14 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техниках: Учебное пособие для техникумов, второе издание, переработанное и дополненное/ Н.А. Нефедов, - М.: Высшая Школа, 1986-239 с.

15 Нелюдов, А.Д. Резание материалов. Справочник для практических занятий. Методическая разработка на практические занятия для студентов специальности 151001 "Технология машиностроения". — Пенза : ПензГТУ, 2012. — 51 с.

16 Справочник технолога - машиностроителя. В двух книгах. Книга 1/ А.Г. Косилова [и другие]; под редакцией А.М. Дальского [и другие]; - пятое издание, переработанное и дополненное. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

17 Справочник технолога - машиностроителя. В двух книгах. Книга 2/ А.Г. Косилова [и другие]; под ред. А.М. Дальского [и другие]; - пятое издание, переработанное и дополненное - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

18 Станочные приспособления: Справочник. В двух книгах. Книга 1./ Б.Н. Вардашкин; под редакцией Б.Н. Вардашкина [и других]; - М.: Машиностроение, 1984.

19 Тарабарин, О.И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении. / О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко. — СПб. : Лань, 2013. — 304 с.

20 Трофимов, А.В. Основы технологии машиностроения. Проектирование технологических процессов: учебное пособие. — СПб. : СПбГЛТУ, 2013. — 72 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А - Маршрутная карта представленного технологического процесса.

Приложение Б - Операционные карты технологических эскизов.

Приложение В – Спецификация, применительно к чертежу станочного приспособления.

Приложение Г – Спецификация, применительно к чертежу контрольного приспособления.

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1																
Дубл.																
Взам.																
Подп.																
Разраб.																
Проф.																
Н. контр.																
М01 Бра9Ж4 ГОСТ 493-79																
Разраб.	Баженое															
Проф.	Бороное															
Н. контр.	Вилкаев															
Колесо червячное																
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ							
М02	-	166	13,5	0,65	41211XXX		∅279x94,2	1	20,9							
А	цех Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.		
А01	XXXXXX	005	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93											
Б02	391148XXX		ВСТ-625-21	СНС34		2	15929	411	1Р	1	1	1	236	1	23	4,141
03																
А04	XXXXXX	010	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93											
Б05	391148XXX		ВСТ-625-21	СНС34		2	15929	411	1Р	1	1	1	236	1	23	4,490
06																
А07	XXXXXX	015	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93											
Б08	391148XXX		ВСТ-625-21	СНС34		2	15929	411	1Р	1	1	1	236	1	23	3,725
09																
А10	XXXXXX	020	4110	Токарная	ИОТ И 37.101.7034-93											
Б11	391148XXX		ВСТ-625-21	СНС34		2	15929	411	1Р	1	1	1	236	1	23	3,544
12																
А13	XXXXXX	025	4131	Круатошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85											
Б14	38132XXX		СТ960			2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	19	4,126
МК																



Дл.эл.		РМ		Опер.		Код, наименование операции		Обозначение документа								
В.з.ем.	Подп.	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Конт.	Лит.				
												2				
												2				
A	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Конт.	Лит.	
B																
A01	XXXXXX	030	4153		Зубофрезерная ИОТИ 37.101.7111-89											
B02	381572XXX				ВСН-332NC22	2	18632	411	1P	1	1	1	236	1	25	6,036
03																
A04	XXXXXX	035	4175		Долбежная ИОТИ 37.101.7111-89											
B05	381718XXX				ARSENAL S315TGI	2	17378	411	1P	1	1	1	236	1	20	1,976
06																
A07	XXXXXX	040	4121		Сверлильная ИОТИ 37.101.7111-89											
B08	391213XXX				2P135Ф2-1	2	17335	411	1P	1	1	1	236	1	24	2,020
09																
A10	XXXXXX	045	0150		Слесарная											
11																
A12	XXXXXX	050	0130		Моечная											
B13	375698XXX				КММ											
14																
A15	XXXXXX	055	0200		Контрольная											
16																
17																
18																
МК																





Дubl.		Взам.		Подп.		01101		252XX		1		1		ГОСТ 3.1404-86 Форма 3	
Разрeб.		Баженов		ТГУ		10141.		022222							
Дрeб.		Воронов													
Н. Контр.		Вилжалов													
Наименование операции		4121 Сверлильная		БрА9Ж4 ГОСТ 493-79		Колесо червячное		Профиль и размеры		20,9		1		1	
Оборудование, устройство ЧПУ		2P135Ф2-1		Обозначение программы		XXXXXX		XXXX		XXXX		XXXX		XXXX	
Материал		БрА9Ж4 ГОСТ 493-79		90 НВ		13,5		20,9		20,9		1		1	
Твердость		90 НВ		166		13,5		20,9		20,9		1		1	
То		0,286		1,620		24		2,020		XXXX		XXXX		XXXX	
D или B		L		t		i		S		n		V			
PI															
01		MM		MM		MM		MM		MM		MM		MM	
002		1. Установить и снять заготовку													
T03		396181XXX-приспособление специальное		ОСТ 3-2985-75											
O04		2. Сверлить отв., выдерж. разм. 1-5													
T05		391267XXX- сверло ступенчатое комбинированное		Ø10,2 ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5;											
T06		393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-пробка		ГОСТ 14807-69											
P07		XX		10,2		31		5,1		1		0,5		1600 51,2	
O08		3. Нарезать резьбу, выдерж. разм. 4,6,7													
T09		391289XXX- метчик машинный		M12 Р6М5 ГОСТ 3266-81;											
T10		393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- пробка резьбовая		ГОСТ 17756-72											
P11		XX		12		27		1,0		1		1,0		500/100 51,2	
12															
OKП															











Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			17.07.ТМ.077.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	17.07.ТМ.077.60.100	Муфта	1	
				<u>Детали</u>		
		2	17.07.ТМ.077.60.002	Винт	1	
		3	17.07.ТМ.077.60.003	Втулка	1	
		4	17.07.ТМ.077.60.004	Втулка	1	
		5	17.07.ТМ.077.60.005	Втулка	1	
		6	17.07.ТМ.077.60.006	Втулка	1	
		7	17.07.ТМ.077.60.007	Демпфер	1	
		8	17.07.ТМ.077.60.008	Клин	1	
		9	17.07.ТМ.077.60.009	Кольцо	3	
		10	17.07.ТМ.077.60.010	Кольцо	1	
		11	17.07.ТМ.077.60.011	Корпус	1	
		12	17.07.ТМ.077.60.012	Корпус патрона	1	
		13	17.07.ТМ.077.60.013	Крышка	1	
		14	17.07.ТМ.077.60.014	Крышка	1	
		15	17.07.ТМ.077.60.015	Кулачок	1	
			<b>17.07.ТМ.077.60.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Баченов			Лит.	Лист
Проф.		Воронцов				Листов
Н. контр.		Баченов				1
Утв.		Лозинев				3
					ТГУ, ар. ТМБа-1233	







Форм.	Зона	Лоз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			17.07.ТМ.077.61.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	17.07.ТМ.077.61.100	Блок индикаторный	1	
		2	17.07.ТМ.077.61.200	Блок индикаторный	1	
		3	17.07.ТМ.077.61.300	Оправка	1	
				<u>Детали</u>		
		4	17.07.ТМ.077.61.004	Ножка	1	
		5	17.07.ТМ.077.61.005	Опора	1	
		6	17.07.ТМ.077.61.006	Основание	1	
		7	17.07.ТМ.077.61.007	Палец	1	
		8	17.07.ТМ.077.61.008	Плита	1	
		9	17.07.ТМ.077.61.009	Стойка	4	
		10	17.07.ТМ.077.61.010	Табличка	1	
		11	17.07.ТМ.077.61.011	Фланец	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-72		
				17.07.ТМ.077.61.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Баженов			Лит.	Лист
Проект.		Воронов				Листов
Н. Контр.		Виткалов				1
Утв.		Логинев				2
Приспособление контрольное					ТУ, ар. ТМбз-1233	



