

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

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология машиностроения

(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления ступицы зубчатой  
привода пресса "Эрфурт"

Студент	<u>Решенина Л.Д.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>Воронов Д.Ю.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>Виткалов В.Г.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Степаненко А.В.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Яценко Н.В.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Краснопевцева И.В.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите  
Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Тольятти 2017

## АННОТАЦИЯ

### Технологический процесс изготовления ступицы зубчатой привода пресса 'Эрфурт'

Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2017.

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы проектирования технологического процесса изготовления ступицы зубчатой привода пресса 'Эрфурт' в условиях среднесерийного производства.

Ключевые слова: деталь, заготовка, технологический процесс, станок, припуск, оснастка, режущий инструмент, режимы резания, нормы времени.

В результате выполнения работы было предложено следующее:

- разработка современной технологии изготовления детали, применимо к условиям среднесерийного типа производства;
- более совершенный метод получения заготовки из штамповки с точным расчетом припусков аналитическим методом;
- применено высокопроизводительное оборудование отечественного и импортного производства, например токарного T500/1000 фирмы RAIS, СИ-360 фирмы "AXISCO" YKB3120A фирмы "СНТИ" SHU-321 фирмы "ЗШМ" АД.
- применение современной оснастки, оснащенной гидро- и пневмоприводом;
- применение современного режущего инструмента;
- спроектирован патрон рычажный с механизированным приводом для токарной операции;
- спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения с электронными индикаторами фирмы Mitutoyo.

- в результате выполнения научных исследований предложено увеличение стойкости червячных фрез с помощью нанесения современных износостойких покрытий.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 86 страниц, содержащей 18 таблиц, 14 рисунков, и графическую часть, содержащую 9 листов.

# ANNOTATION

## Manufacturing process Hubs of the gear drive of press 'Erfurt'

Bachelor's work. Tolyatti. Togliatti State University, 2017.

The bachelor's work deals with the design of the technological process for manufacturing the hub of the gear drive of the Erfurt press in medium-series production.

Key words: detail, workpiece, technological process, machine, start-up, tooling, cutting tool, cutting modes, time norms.

As a result of the work, the following was proposed:

- development of modern technology for manufacturing parts, applicable to medium-series production;
- a more perfect method of obtaining a blank from punching with an accurate calculation of allowances by the analytical method;
- high-performance equipment of domestic and imported production is used, for example, the turning T500 / 1000 firm RAIS, CHI-360 firm "AXISCO" YKB3120A firm "CHTI" SHU-321 firm ZSHM AD.
- use of modern equipment equipped with hydraulic and pneumatic drive;
- application of modern cutting tools;
- a lever arm with a mechanized drive for turning operation is designed;
- A device designed to control the radial and end-beats with electronic indicators of the company Mitutoyo.
- As a result of scientific research, it has been proposed to increase the durability of worm mills by applying modern wear-resistant coatings.

Bachelor's work contains an explanatory note in the amount of 86 pages contain-

ing 18 tables, 14 figures, and a graphic part containing 9 sheets.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 Описание исходных данных.....	8
2 Технологическая часть работы .....	13
3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений .....	34
4 Научные исследования .....	40
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	53
6 Экономическая эффективность работы .....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	68

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из самых ключевых отраслей промышленности – это машиностроение. Эта отрасль показывает научно-технический уровень развития страны.

В данной отрасли, на предприятиях, занимающихся непосредственно производством продукции, а также на смежных предприятиях, трудится огромное число трудового населения.

Чтобы успешно развить предприятие, необходимы постоянные инвестиции в инновационное производство, модернизацию производственной базы, применение последних разработок в научной области.

Это дает колоссальный результат – наряду со снижением себестоимости готового продукта, повышении качества еще и возможна конкуренция с мировыми промышленными производствами.

Цель данной работы – разработка технологического процесса изготовления детали требуемого качества в установленном годовой программе количестве с минимальными затратами, с использованием последних достижений в области технологии машиностроения.

# 1 Описание исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения детали

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

Данная деталь называется «ступица зубчатая», предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи крутящего момента от вала маховика пресса Эрфурт 400тс.

Ступица зубчатая является деталью муфты зубчатой.

Деталь имеет следующие габариты: длина 210 мм, диаметр 272 мм.

Масса 36 кг.

Ступица зубчатая имеет зуб, наружный диаметр которого выполнен бочкообразным, может работать при угле  $2^{\circ}$ - $3^{\circ}$  между сопрягаемыми приводами. Зубчатым венцом ступица входит в зацепление с муфтой зубчатой.

Ступица зубчатая устанавливается на вал маховика по отверстию  $\varnothing 160H7$  с упором в левый бурт на двух шпонках и фиксируется двумя винтами по резьбе M20 .

По наружному диаметру  $\varnothing 235_{-0,09}$  ступица входит в отверстие левой зубчатой полумуфты.

По наружному диаметру  $\varnothing 220_{-0,072}$  ступица входит в отверстие правой зубчатой полумуфты.

Для обеспечения сохранности зуба муфта зубчатая и ступица работают в жидкой смазке, которую заливают в муфту.

### 1.1.2 Анализ материала детали

Материалом ступицы зубчатой является сталь 19ХГН ГОСТ 4543-71, характеристики которой представлены в таблицах 1.1. и 1.2.



Таблица 1.1 – Химический состав стали 19ХГН ГОСТ 4543-71

Химический элемент	Процент
Углерод (С)	0,16-0,21
Хром (Cr)	0,8-1,1
Марганец (Mn)	0,7-1,1
Кремний (Si)	0,17-0,37
Никель (Ni)	0,8-1,1
Сера (S), не более	0,035
Фосфор (P), не более	0,035

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 19ХГН ГОСТ 4543-71

Показатель	Обозначение	Единица изменения	Значение
Твердость по Бринеллю	НВ	-	220
Относительное удлинение при разрыве	$\delta_5$	%	7
Относительное сужение	$\psi$	%	40
Ударная вязкость	КСУ	Дж/см <sup>2</sup>	69
Кратковременный предел прочности	$\sigma_B$	МПа	1180
Предел текучести, определяемый при остаточной деформации	$\sigma_T$	МПа	930

### 1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Произведем нумерацию всех поверхностей детали в зависимости от их служебного назначения. Результаты приводим на рисунке 1.2.

Классифицируем поверхности детали:

- исполнительными являются поверхности 16,18;
- основными конструкторскими базами является поверхности 1,13;
- вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 3,7,10,12,20;
- свободными поверхностями являются все остальные поверхности

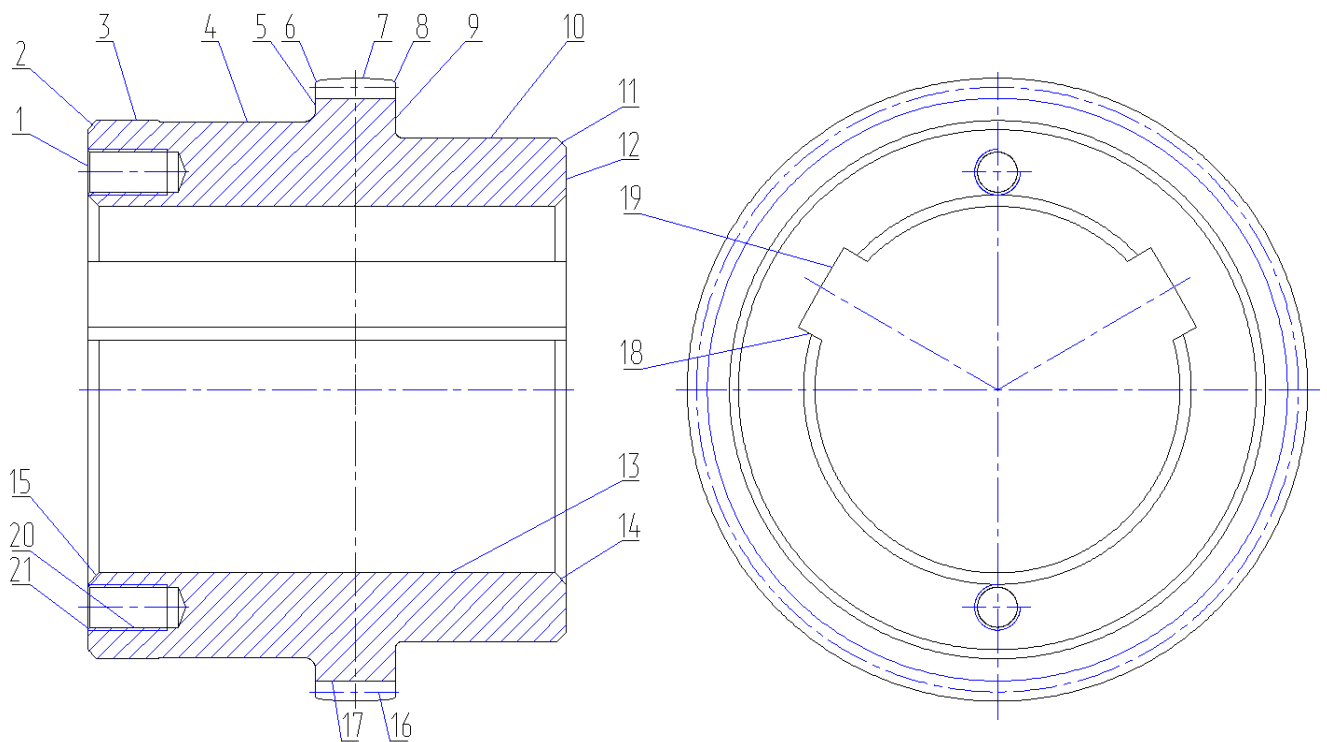


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхностей

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Исходя из конструкции рассматриваемой детали и ее материала, в качестве заготовки возможно применение проката или штамповки, выбирается далее на основании экономического расчета. Деталь такая, что получается данными методами без существенных проблем.

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

На чертеже детали «Ступица зубчатая» присутствует вся необходимая для ее изготовления информация.

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

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

Доступ к местам обработки и контроля свободный.

Анализируя эти данные, делаем вывод, что конструкция ступицы зубчатой является технологичной.

### 1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Базовая технология представлена в таблице 1.3

Таблица 1.3 - Характеристика базового техпроцесса

Наименование оп	Оборудование, модель	Станочное приспособление	Режущий инструмент
000 Заготовительная			
005 Токарная (черн. обработка)	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходн. Т5К10 Резец подрезн. Т5К10 Резец расточн. Т5К10 Сверло спирал. Р6М5
010 Токарная (чист. обработка)	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Резец проходн. Т15К6 Резец подрезн. Т15К6 Резец расточн. Т15К6
015 Токарная (тонкое растачивание отверстия)	16К20	Патрон 3-х кулачковый	Резец расточн. Т30К4
020 Слесарная (разметочная)			
025 Долбежная	FV321M	Тиски машинные	Долбежный резец Р6М5
030 Сверлильная	2Р135	Тиски машинные	Сверло спирал. Р6М5 Зенковка Р6М5
035 Зубофрезерная	53А10	Приспособление спец.	Фреза червячн. Р6М5
040 Зубошвинговальная	5Д702	Приспособление спец.	Шевер Р6М5
045 Слесарная			
050 Контрольная			
055 Термическая			
060 Внутришлифовальная	3К228В	Патрон мембранный	Шлиф.круг
065 Круглошлифовальная	3М151	Патрон цанговый	Шлиф.круг
070 Контрольная			
075 Маркировочная			

### 1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса

Опишем основными недостатками базового техпроцесса:

- заготовка – прокат с большим припуском;
- на токарных операциях неоптимальные режимы резания, большой припуск, большое штучное время;
- оборудование – универсальные низкопроизводительные станки;
- универсальный инструмент с низкой производительностью.

- оснастка неоптимальна – универсальная, с ручным зажимом.

Произведем описание основных задач бакалаврской работы и методом совершенствования технологии:

- рассчитаем припуск на обработку аналитическим методом и спроектировать заготовку с минимальными припусками;
- применим для проектного техпроцесса наиболее оптимальных высокопроизводительных станков, в основном с ЧПУ или полуавтоматы;
- применим современный инструмент;
- выберем современную механизированную и автоматизированную технологическую оснастку;
- спроектируем приспособление для токарной операции;
- спроектируем контрольное приспособление;
- проведем анализ ТП с точки зрения безопасности и экологичности;
- произведем расчет экономического эффекта.

## 2 Технологическая часть работы

### 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 36кг, принимая во внимание годовую программу выпуска  $N_r = 5000$  шт/год, при этом тип производства принимаем как среднесерийный.

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

#### 2.2.1 Выбор метода получения заготовки

В качестве заготовки для детали можно выбрать:

- а) штамповку;
- б) прокат.

Определим параметры исходных заготовок:

Масса штампованной заготовки  $M_{шт.}$ , кг, приблизительно равна:

$$M_{шт.} = M_{дет.} \cdot K_p, \quad (2.1)$$

где  $M_{дет.}$  – масса готовой детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы детали, устанавливается по [11, с. 23],  $K_p = 1.65$ .

$$M_{шт.} = 36 \cdot 1.65 = 59.40 \text{ кг}$$

Параметры заготовки будем принимать по ГОСТ 7505-89 [8]:

Оборудование для штамповки - КГШП, нагревать заготовку будем с помощью индукционных нагревателей, принимаем класс точности заготовки Т3 [8, с.28], принимаем группу стали как М2 [8, с.8], принимаем степень сложности заготовки как С3 [8, с. 29].

Массу заготовки из проката  $M_{пр.}$  будем определять согласно формуле:

$$M_{\text{пр.}} = V_{\text{пр.}} \cdot \rho, \quad (2.2)$$

где  $V_{\text{пр.}}$  – объем данного проката,  $\text{мм}^3$ ;

$\rho$  - плотность материала заготовки из проката,  $\text{кг}/\text{мм}^3$ .

Так как форма заготовки, принимаемая для изготовления из сортового проката для детали типа тела вращения - цилиндр, у него диаметр  $d_{\text{пр.}}$ , мм и его длина  $l_{\text{пр.}}$ , мм будет равна:

$$d_{\text{пр.}} = d_{\text{д.}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (2.3)$$

$$l_{\text{пр.}} = l_{\text{д.}}^{\text{max}} \cdot 1,05, \quad (2.4)$$

где  $d_{\text{д.}}^{\text{max}}$  – диаметр детали, мм;

$l_{\text{д.}}^{\text{max}}$  – длина детали, мм.

$$d_{\text{пр.}} = 272 \cdot 1,05 = 285,6 \text{ мм}$$

$$l_{\text{пр.}} = 210 \cdot 1,05 = 214,2 \text{ мм}$$

По этим данным по ГОСТ стандартное значение будет равно:  $d_{\text{пр.}} = 290$  мм.

$$l_{\text{пр.}} = 215 \text{ мм.}$$

Произведем определение объема элементов заготовок  $V$ ,  $\text{мм}^3$  формы цилиндра как:

$$V_{\text{ц.}} = \pi \cdot d_{\text{пр.}}^2 \cdot l_{\text{пр.}} / 4 \quad (2.5)$$

$$V_{\text{ц.}} = 3,14 \cdot 290^2 \cdot 215 / 4 = 14193978 \text{ мм}^3$$

$$M_{\text{пр.}} = 14193978 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 111,42 \text{ кг}$$

В результате произведем выбор размер горячекатаного проката по ГОСТ 2590-2006, точность – обычная В1:

$$\text{Круг} \frac{290 - \text{В1} - \text{ГОСТ } 2590 - 2006}{40\text{X} - \text{ГОСТ } 4543 - 71}$$

## 2.2.2 Технико-экономический расчет выбора варианта заготовки

Цену детали, полученной из заготовки будем определять согласно формуле [11, с. 24]:

$$C_{\text{дет.}} = C_{\text{заг.}} + C_{\text{мо.}} - C_{\text{отх.}}, \quad (2.6)$$

где  $C_{\text{заг.}}$  – базовая цена принятого варианта заготовки, руб;

$C_{\text{мо.}}$  – цена последующей мехобработки, руб;

$C_{\text{отх.}}$  – цена отходов при мехобработке, руб.

### 2.2.2.1 Расчет варианта горячей штамповки

Цену штампованной заготовки будем определять по формуле:

$$C_{\text{заг.штамп}} = C_{\text{баз.}} \cdot M_{\text{шт.}} \cdot K_{\text{т.}} \cdot K_{\text{сл.}} \cdot K_{\text{в.}} \cdot K_{\text{м.}} \cdot K_{\text{п.}}, \quad (2.7)$$

где  $C_{\text{баз.}}$  – цена 1 т штамп. заготовок, принятая за базу, руб/кг,  $C_{\text{б.}} = 11,2$  руб/кг [8, с. 23];

$M_{\text{шт.}}$  – предварительно рассчитанная масса штамповки, кг;

$K_{\text{т.}}$  – данный коэффициент определяется от класса точности штамповки (Т4),

$K_{\text{т.}} = 1.0$  [11, с. 24];

$K_{\text{сл.}}$  – данный коэффициент определяется от степени сложности штамповки (С3),  $K_{\text{сл.}} = 1.00$  [11, с. 24];

$K_{\text{в.}}$  – данный коэффициент зависит от диапазона масс, в который входит масса заготовки,  $K_{\text{в.}} = 0.79$  [11, с. 24];

$K_{\text{м.}}$  – данный коэффициент зависит от металла заготовки, для стали 19ХГН принимаем  $K_{\text{м.}} = 1.27$  [11, с. 24];

$K_{\text{п.}}$  – данный коэффициент определяет выбранный среднесерийный тип производства,  $K_{\text{п.}} = 1.0$  [11, с. 24].

$$C_{\text{заг.штамп}} = 11,2 \cdot 59.40 \cdot 1.0 \cdot 1.00 \cdot 0.79 \cdot 1.27 \cdot 1.0 = 667.48 \text{ руб}$$

Произведем определение цены мехобработки штампованной заготовки  $C_{\text{м.о.}}$ , рублей, по формуле:

$$C_{\text{м.о.}} = (M_{\text{шт.}} - M_{\text{дет.}}) \cdot C_{\text{уд.}}, \quad (2.8)$$

где  $C_{\text{уд.}}$  – удельная стоимость съема 1 кг материала, руб/кг.

Удельная стоимость мехобработки резанием  $C_{\text{уд.}}$ , рублей равна:

$$C_{\text{уд.}} = C_{\text{с.}} + E_{\text{н.}} \cdot C_{\text{к.}}, \quad (2.9)$$

где  $C_{\text{с.}}$  – общие финансовые траты, руб/кг,  $C_{\text{с.}} = 14,8$  руб/кг [11, с. 25];

$C_{\text{к.}}$  – капит. финансовые траты, руб/кг,  $C_{\text{к.}} = 32,5$  руб/кг

$E_{\text{н.}}$  – показатель норм эффективности ( $E = 0,1 \dots 0,2$ ). Принимает  $E_{\text{н.}} = 0,16$ .

$$C_{\text{мо.}} = (59.40 - 36) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 468.00 \text{ руб}$$

Цену отходов  $C_{\text{отх.}}$ , руб, будем определять как

$$C_{\text{отх.}} = (M_{\text{шт.}} - M_{\text{дет.}}) \cdot \Pi_{\text{отх.}}, \quad (2.10)$$

где  $\Pi_{\text{отх.}}$  – продажная возвратная цена отходов, руб/кг.

Принимаем эту цену  $\Pi_{\text{отх.}} = 0.4$  руб/кг [11, с. 25]

$$C_{\text{отх.}} = (59.40 - 36) \cdot 0.4 = 9.36 \text{ руб}$$

$$C_{\text{дет.}} = 667.48 + 468.00 - 9.36 = 1126.12 \text{ руб}$$

### 2.2.2.2 Расчет варианта заготовки, полученной из проката

Цену заготовки, которая получается из сортового проката будем определять по формуле [11, с. 26]

$$C_{\text{пр.}} = C_{\text{м.пр.}} \cdot M_{\text{пр.}} + C_{\text{отрз.}}, \quad (2.11)$$

где  $C_{\text{м.пр.}}$  – стоимость металла 1 кг проката в руб/кг;  $C_{\text{м.пр.}} = 14$  руб/кг

$C_{\text{отрз.}}$  – стоимость реза проката на мерные заготовки, руб.

$$C_{\text{отрз.}} = \frac{C_{\text{пз.}} \cdot T_{\text{шт.}}}{60}, \quad (2.12)$$



где  $C_{пз.}$  – затраты для отрезного станка, руб/ч;  $C_{пз.} = 30,2$  руб/ч [11, с. 26];

Выполним расчет  $T_{штуч.}$ , мин:

$$T_{штуч.} = T_o \cdot \varphi_k, \quad (2.13)$$

где  $T_o$  – время обработки основное (машинное), мин;

$\varphi_k$  – параметр, учитывающий вид оборудования, принимается  $\varphi_k = 1,5$ .

Основное машинное время для отрезных станков  $T_o$ , мин:

$$T_{осн.} = 0,19 \cdot d_{пр.}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

где  $d_{пр.}$  – размер прутка, мм.

$$T_{осн.} = 0,19 \cdot 290^2 \cdot 10^{-3} = 15,98 \text{ мин}$$

$$T_{штуч.} = 15,98 \cdot 1,5 = 23,97 \text{ мин}$$

$$C_{отрз.} = 30,2 \cdot 23,97 / 60 = 12,06 \text{ руб}$$

$$C_{пр.} = C_{м.пр.} \cdot M_{пр.} + C_{оз.} = 14 \cdot 111,42 + 12,06 = 1571,98 \text{ руб}$$

Цена мехобработки при этом будет равна:

$$C_{мо.} = (M_{пр.} - M_{дет.}) \cdot C_{уд.} = (111,42 - 36,00) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 1508,45 \text{ руб}$$

Цена отходов при этом будет составлять:

$$C_{отх.} = (111,42 - 36,00) \cdot 0,40 = 30,17 \text{ руб}$$

$$C_{дет.} = C_{пр.} + C_{мо.} - C_{отх.} = 1571,98 + 1508,45 - 30,17 = 3050,27 \text{ руб}$$

### 2.2.3 Сопоставление двух вариантов заготовок

Произведем расчет параметра коэффициента использования металла  $K_{и.м.}$ , который будет равен [11, с. 28]:

$$K_{и.м.} = M_{дет.} / M_{заз.} \quad (2.15)$$

Тогда при заготовке штамповки:  $K_{и.м.} = 36,00 / 59,40 = 0,61$

При заготовке из проката:  $K_{и.м.} = 36,00 / 111,42 = 0,32$

Сравнив себестоимости заготовок и  $K_{и.м.}$ , делаем вывод о том, что оптималь-

ный вариант получения заготовки – штамповка.

Экономический эффект,  $\mathcal{E}_{\text{год}}$ , рублей, приведенный к годовой программе выпуска, будет равен:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{\text{д.про}} - C_{\text{д.што}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (2.16)$$

где  $N_{\text{год}} = 5000$  шт/год - программа производства детали в год.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (3050.27 - 1126.12) \cdot 5000 = 9620761 \text{ руб.}$$

### 2.3 Техничко-экономическое обоснование выбора методов обработки поверхностей

Анализируя конструкцию детали, ее точность и шероховатость, произведем определение маршрута обработки ее поверхностей.

Произведем определение способа и вида технологической обработки по каждой из поверхностей детали согласно источникам [5] и [11, с. 32-34].

Произведем назначение промежуточные способов обработки - технологических переходов. Произведем определение показателя трудоемкости на основании [8, с. 32-34].

Также используем литературу зарубежных авторов: [19] – руководство по современным технологиям обработки материалов – для токарных и сверлильных работ, [21] – технологии механической обработки, [22] – технологии шлифования и отделки

По результатам выбора маршрутов обработки заполним таблицу 2.1.

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер обрабатываемой поверхности	IT	Ra, мкм	Маршруты обработки
1	2	3	4
2,4,5,6,8,9,11	14	6,3	T, Tч, TO
12	14	3,2	T, Tч, TO
1	9	2,5	T, Tч, TO, Шч
9,10	9	1,6	T, Tч, TO, Шч

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
7	12	3,2	Т, Тч, ТО, Шч
14,15	14	6,3	Р, Рч, ТО
13	7	0,8	Р, Рч, Ш, ТО, Шч
20	8Н	3,2	С, Рез, ТО
21	14	6,3	С, ТО
16	7-В	1,6	Зф, Зш, ТО
17	14	6,3	
18	7	2,5	П,ТО
19	10	6,3	
Т- обтач.чернов., Тч-обтач.чистов., Р-растач.чернов., Рч- растач.чистов., Ш-шлиф.чернов., Шч- шлиф.чистов., П-протягив., Зф- зубофрезер., Зш-зубошевинг., С-сверление, Рез- резьбонарез., То- термообаб.			

## 2.4 Определение припуска и проектирование заготовки

### 2.4.1 Определение припусков на обработку и операционных размеров

Выполним расчетно-аналитический расчет на  $\varnothing 220_{-0.072}$

Методика расчета припусков представлена в источниках [3, с. 66] и [6, с. 69].

Внеся исходные данные величину микронеровностей Rz и глубину дефектного слоя h, рассчитав суммарные отклонения расположения  $\rho_0$ , определив погрешности установки  $\varepsilon_{уст}$ , мм, вносим эти данные в графы «элементы припуска» таблицы 2.2

По этим данным выполним расчет минимального припуска  $2Z_{min}$ , мм.

Вносим данные операционных допусков по переходам.

По этим исходным данным определяются величины промежуточных расчетных размеров  $d_{min}^{i-1}$  и  $d_{max}^i$

Определим максимальные припуски  $2Z_{max}$ , мм, и минимальные припуски  $2Z_{min}$ .

Расчет выполним в программе Microsoft Excel, результаты расчета приводим в таблице 2.2

Таблица 2.2- Расчет припуска

Размеры в миллиметрах

Техноло. переход	Составляющие припуска, мм				2Z min	допуск Td/IT	Размеры предель- ные, мм		Припуски предель- ные, мм	
	Rz <sup>i-1</sup>	h <sup>i-1</sup>	ρ <sup>i-1</sup>	ε <sub>уст</sub> <sup>i-1</sup>			d' max	d' min	2Z max	2Z min
	1 пер: Штамповать	0.160	0.200	1.677			-	-	4.50 T3	229.491
2 пер: Точить начерно	0.050	0.050	0.101	0.580	4.269	0.720 h13	221.442	220.722	8.049	4.269
3 пер: Точить начисто	0.025	0.025	0.067	0.120	0.514	0.185 h10	220.393	220.208	1.049	0.514
4 пер: Шлифовать начерно	0.010	0.015	0.034	0.060	0.280	0.072 h7	220.000	219.928	0.393	0.280

По результатам расчетов строим схему, на которой указываем расположение припусков, допусков, операционных размеров. Данные представлены на рисунке 2.1.

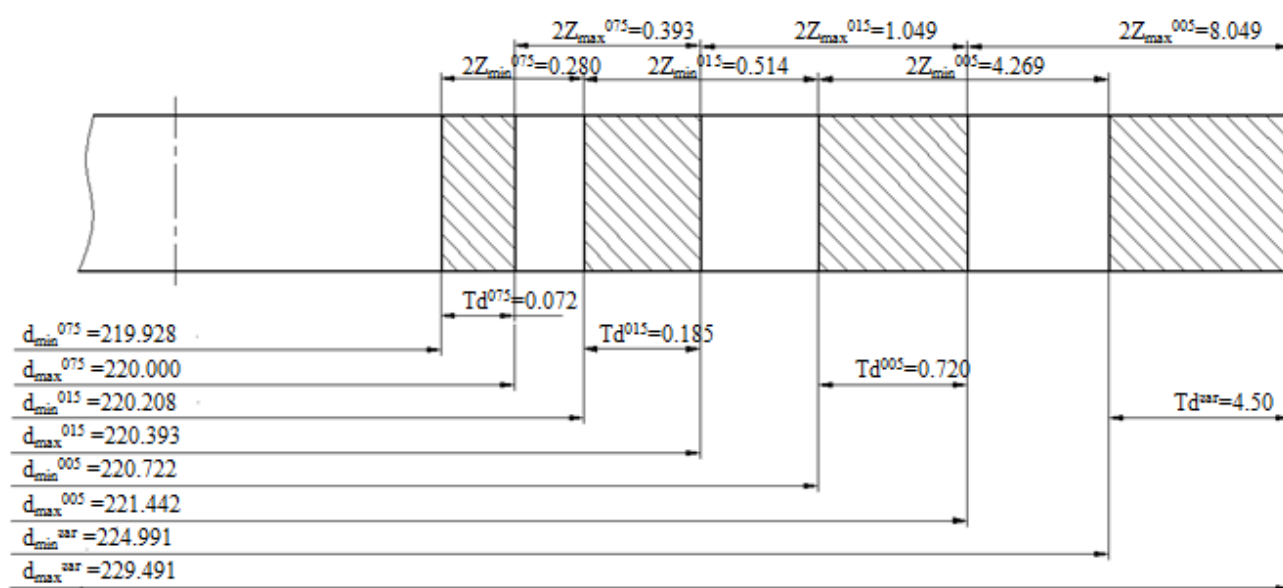


Рисунок 2.1 – Результаты расчетов на  $\varnothing 220_{-0.072}$

#### 2.4.2 Расчет промежуточных припусков на обработку с помощью табличного метода

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

Таблица 2.3 - Припуски на обработку поверхностей ступицы зубчатой

Номер, наименование операции, номера обрабатываемых поверхностей	Припуск, определяемый на сторону, мм
Оп005-Токарная черновая – пов. 9,10,11,12,13,14	3,0max
Оп010-Токарная черновая – пов. 1,2,3,4,5,15	3,0max
Оп015-Токарная чистовая – пов. 8,9,10,11,12,13,14	0,55
Оп020-Токарная чистовая – пов. 1,2,3,4,5,6,15	0,55
Оп025- Внутришлифовальная – пов. 13	0,15
Оп070- Внутришлифовальная – пов. 13	0,10
пов. 1	0,20
Оп075-Круглошлифовальная – пов. 10	0,20
Оп075-Круглошлифовальная – пов. 3,7	0,20

### 2.4.3 Проектирование и расчет штампованной заготовки

Проектирование выполнено в соответствии по ГОСТ 7505-89.

Принимаем оборудование для штамповки: КГШП, принимаем индукционный способ нагрев заготовки.

Принимаем для нашей заготовки: параметр класса точности штамповки – Т3, параметр группы стали – М2, параметр, характеризующий степень сложности – С3, плоскость разъема штампа соответствует конфигурации - П (плоская), при этом исходный индекс будет - 16.

Допуски заготовки принимаем по [5, с. 17].

Примем штамповочный уклон на поверхностях заготовки - не более 5°

Радиусы наружных углов – 5,0 мм, величина остаточного облоя – 1,4 мм, смещение плоскости разъема штампов – 1,2 мм, заусенец по контуру – 6,0 мм, шероховатость – Ra 40 мкм

Эскиз штампованной заготовки приводим на рисунке 2.2

При расчете объема цилиндрические элементы штамповки будем определять по формуле (2.5).

$$V = 3,14/4 \cdot (241,6^2 \cdot 100,2 + 276,4^2 \cdot 41,2 + 226,6^2 \cdot 75 - 153,4^2 \cdot 116,4 - 120^2 \cdot 25) = 7652398 \text{ мм}^3 .$$

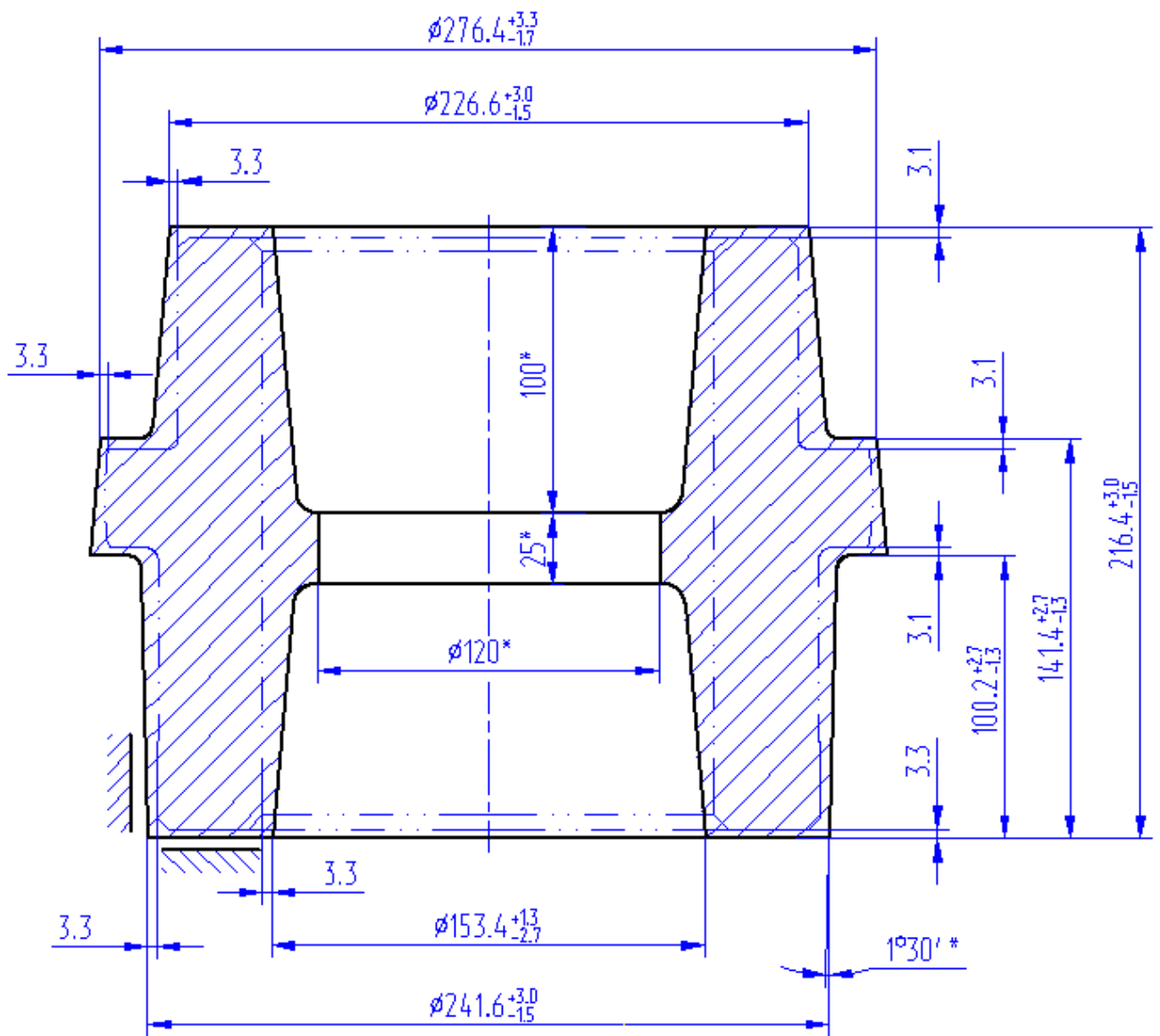


Рисунок 2.2 – Эскиз заготовки

Произведем определение массы штампованной заготовки  $M_{\text{зш.}}$ , кг по формуле (2.2)

$$M_{\text{зш.}} = V \cdot \gamma = 7652398 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 60,1 \text{ кг}$$

При этом уточняем коэффициент использования материала на рассчитанную заготовку согласно формулы (2.15)

$$\text{КИМ} = 36/60,1 = 0,60$$

## 2.5 Разработка технологического маршрута

### 2.5.1 Разработка схем базирования

Произведем выбор поверхностей для установки заготовки в процессе ее обработки.

Схемы базирования приводим в плане обработки, в графической части данного проекта.

Также номера базовых поверхностей приведены в таблице 2.5

### 2.5.2 Технологический маршрут обработки детали

Результаты выбора технологического маршрута изготовления детали представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки детали.

№ оп., наименование	№ базовых по- верх.	№ обраб. поверх.	IT	Ra, мкм	Оборудова- ние
1	2	3	4	5	6
000 Заготовительная			16	40	КГШП
Оп005-Токарная чер- новая	1,3	9,10,11,12,13,14	13	12,5	RAIS T500/1000
Оп010-Токарная чер- новая	12,13	1,2,3,4,5,15	13	12,5	RAIS T500/1000
Оп015-Токарная чи- стовая	1,3	8,9,10,11,13,14 12	10 10	6,3 3,2	RAIS T500/1000
Оп020-Токарная чи- стовая	12,13	1,2,3,4,5,6,15	10	6,3	RAIS T500/1000
Оп025- Внутришли- фовальная	10,12	13	8	1,6	3K228B
Оп030- Протяжная	1,13	18 19	7 11	2,5 6,3	CHI-360
Оп035- Сверлильная	12,13	20 21	8H 13	3,2 6,3	2P135Ф2-1
Оп040- Зубофрезерная	1,13	16 17	9 12	3,2 6,3	YKB3120A

## Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6
Оп045- Зубошевинго-вальная	1,13	16	7-В	1,6	5Д702
Оп050- Слесарная					4407
Оп055- Моечная					КММ
Оп060-Контрольная					
Оп065-Термическая					
Оп070- Внутришлифовальная	10,12	13 1	7 9	0,8 2,5	3К228В
Оп075- Круглошлифовальная	1,13	10	8	1,6	SHU-321
Оп080- Круглошлифовальная	12,13	3 7	9 10	1,6 3,2	SHU-321
Оп085-Моечная					КММ
Оп090-Контрольная					
Оп095- Маркировочная					

### 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

### 2.6.2 Выбор средств технологического оснащения

Произведем выбор технологической оснастки – приспособлений, режущего инструмента и средств изменения. Результаты выбора технологической оснаст-



ки приведены в таблице 2.5.

Выбор оборудования и приспособления производим на основании [15], лезвийного инструмента на основании [15], абразивного – на основании [22] и [23], выбор СОЖ – на основании [20]

Таблица 2.5 - Выбор оборудования и СТО

№ оп., наименование	Оборудование	Технологическая оснастка		
		Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
1	2	3	4	5
Оп010, Оп015- Токарная черновая	Токарно-винторезный станок с ЧПУ RAIS T500/1000	Патрон токар. 3-х кулачков. ГОСТ 2675-80	Резец-вставка проход.. Пластина ромбич., Т5К10. φ=107° h=25 b=25 L=125 ОСТ 2И.101-83 Резец-вставка расточ.. Пластина 3х гранная, Т5К10 φ=97° h=20 b=20 L=250 ОСТ 2И.101-83	Калибры-скобы Калибры-пробки Шаблоны
Оп020, Оп 025- Токарная чистовая	Токарно-винторезный станок с ЧПУ RAIS T500/1000	Патрон токар. 3-х кулачков. ГОСТ 2675-80	Резец-вставка проход.. Пластина ромбич., Т15К6 φ=97° h=25 b=25 L=125 Резец-вставка расточ.. Пластина 3х гранная, Т15К6 φ=97° h=20 b=20 L=250 ОСТ 2И.101-83	Калибры-скобы Калибры-пробки Шаблоны
Оп025- Внутришлифовальная	Универсальный круглошлиф. с ЧПУ ОШ-660.1Ф2-02	Патрон мембран. ОСТ 3-3443-76	Шлиф.круг 5 100x80x30 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибры-пробки Шаблоны Приспособление контрольное с индикатором
Оп030- Протяжная	Вертикально-протяж. п/а СНИ-360 ф. «AXISCO»	УНП ГОСТ 12195-66	Протяжка шпоночная для паза В=20 ГОСТ 18217-90 Р6М5К5	Шаблоны
Оп035- Сверлильная	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ 2Р135Ф2-1	Приспособление спец. ОСТ 3-2985-75	Сверло специальное ступенчатое для одновременного снятия фаски и сверления под резьбу М20 ОСТ 2И21-1-76 Р6М5К5	Пробки резьбовые Шаблоны

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
			Метчик машинный М20 ГОСТ 3266-81 Р6М5К5	
Оп040- Зубофрезерная	Зубофрезер. станок с ЧПУ УКВ3120А фирмы «СНТИ»	Приспособ. специальное ОСТ 3-3907-77	Приспособл. контрольн. с индикатором	Приспособл. контрольн. с индикатором
Оп045- Зубошевинговальная	Зубошевинговальный станок 5Д702	Патрон цанговый ГОСТ 17200-71	Шевер дисковый ГОСТ 8570-80 Ø 180 Р6М5К5	Шаблоны Приспособл. контрольн. с индикатором
Оп070- Внутришлифовальная	Торцевнутришлиф. п/а 3К228В	Патрон мембранный ОСТ 3-3843-77	Шлиф.круг 5 100х50х25 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлиф.круг 6 60х40х25 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибры-пробки Шаблоны Приспособл. контрольн. с индикатором Микроинтерферометр МИИ-6
Оп075 Оп080- Круглошлифовальная	Круглошлиф. п/а SHU-321, фирма «ЗШМ» АД	Патрон цанговый ГОСТ 17200-71	Шлиф.круг 1 600х30х305 91А F60 М 7 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибры-скобы ГОСТ18355-73 Приспособл. контрольн. с индикатором Микроинтерферометр МИИ-6

## 2.7 Определение режимов резания

### 2.7.1 Определение режимов резания с помощью аналитического расчета

Произведем расчет режимов резания на 020 токарную операцию по эмпирическим формулам, т. е. аналитическим методом.

#### 2.7.1.1 Содержание операции

Оп020-Токарная (чистовая):

Чистовое точение поверхностей с выдержкой размеров:  $\varnothing 235,4_{-0,185}$ ,  
 $\varnothing 272,4_{-0,185}$ ;  $\varnothing 234_{-0,185}$ ; R136,2;  $1 \times 45^\circ$ ,  $2,52 \times 45^\circ$ ;  $92,5 \pm 0,07$ ;  $110 \pm 0,07$ ;  $179 \pm 0,08$ ;  
 $210,2 \pm 0,09$

#### 2.7.1.2 Применяемый режущий инструмент

Резец-вставка ( $h=25$ ,  $b=25$ ,  $L=125$ ) с 3-х гранной режущей пластиной,  
T15K6  $\varphi=93^\circ$

#### 2.7.1.3 Применяемое оборудование

Токарный с ЧПУ RAIS T500/1000

#### 2.7.1.4 Определение режимов резания

Припуск на обработку:

$$t = 0,55 \text{ мм}$$

Подача на оборот заготовки  $S$ , мм/об:

$$S = 0.25 \text{ мм/об [15,с.268].}$$

Произведем определение расчётной скорости резания  $V$ , м/мин:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.17)$$

где  $C_U$  – параметр зависимости от условий точения;  $C_U = 420$  [15, с.270];

$T$  – норматив времени работы инструментального материала между перетачиванием, мин;  $T = 60$  мин;

$t$  – припуск на обработку, мм;

$m, x, y$  – показатели степеней зависимостей:  $m = 0.2$ ,  $x = 0.15$ ,  $y = 0.20$ ,  
[15, с.270];

$K_U$  – параметр фактической обработки [15,с.282], определяется по формуле;

$$K_U = K_{МУ} \cdot K_{ПУ} \cdot K_{ИУ}, \quad (2.18)$$

где  $K_{МУ}$  - коэффициент, который определяется в зависимости от качества обра-

батываемого материала [15, с.261];

$K_{ПУ}$  - коэффициент, который определяется в зависимости от состояние поверхностей обрабатываемой заготовки;  $K_{ПУ} = 1.0$  [15, с.263];

$K_{ИУ}$  - коэффициент, который определяется в зависимости от инструментального материала;  $K_{ИУ} = 1,0$  [15, с.263];

$$K_{МУ} = K_{Г} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{в}}\right)^{n_U}, \quad (2.19)$$

где  $K_{Г}$  - показатель характеристики материала по его обрабатываемости;  $K_{Г} = 1.0$  [15,с.262];

$\sigma_{в}$  – значение предела прочности у стали;

$n_U$  – коэффициент,  $n_U = 1.0$  [15,с.262].

$$K_{МУ} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{1180}\right)^{1.0} = 0.63.$$

$$K_U = 0.63 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.63.$$

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.55^{0.15} \cdot 0.25^{0.2}} \cdot 0.63 = 169,9 \text{ м/мин.}$$

Произведем определение частоты вращения шпинделя станка,  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.20)$$

$$\varnothing 170: n_1 = \frac{1000 \cdot 169.9}{3.14 \cdot 170} = 318 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\varnothing 235,4: n_2 = \frac{1000 \cdot 169.9}{3.14 \cdot 235.4} = 230 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\varnothing 272,4: n_3 = \frac{1000 \cdot 169.9}{3.14 \cdot 272.4} = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

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

$$n_1 = 318 \text{ мин}^{-1}; n_2 = 230 \text{ мин}^{-1}; n_3 = 200 \text{ мин}^{-1}$$

Расчёт сил резания

Произведем определение главной составляющей силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.21)$$

где  $C_p$  - коэффициент зависимости параметров обработки на силы резания;  $C_p = 300$  [15,с.273];

$x, y, n$  - коэффициенты показателей степени;  $x = 1.0, y = 0.75, n = -0.15$  [15,с.273];

$K_p$  - коэффициент зависимости от обрабатываемой стали и характеристик инструмента, рассчитывается по формуле:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p} \quad (2.22)$$

$K_{MP}$  - коэффициент, который определяется в зависимости от качества обрабатываемого материала [15,с.264], определяем по формуле:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.23)$$

где  $\sigma_B$  - значение предела прочности материала;

$n$  - коэффициент;  $n = 0.75$  [15,с.264].

$$K_{MP} = \left( \frac{1180}{750} \right)^{0.75} = 1.40;$$

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{\Gamma p}$  - показатели учитывают геометрию режущих пластин:  
 $K_{\phi p}=0,89; K_{\gamma p}=1,0; K_{\lambda p}=1,0; K_{\Gamma p} = 1,0$  [15, с.275];

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.55^{1.0} \cdot 0.25^{0.75} \cdot 169.9^{-0.15} \cdot 1.40 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 338 \text{ Н.}$$

Мощность резания  $N$ , кВт вычисляем по следующей формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{338 \cdot 169.9}{1020 \cdot 60} = 0,94 \text{ кВт} \quad (2.24)$$

Выполним проверку по мощности электродвигателя привода станка:

$$N_{\text{штп}} = N_d \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт}; \quad 0,94 < 6, \text{ т. е. по мощности привода станок проходит.}$$

## 2.7.2 Определение режимов резания с помощью табличного метода

Выполним расчет режимов резания с помощью табличного метода по методике, описанной в [1]. Полученные данные занесем в таблицу 2.7

Таблица 2.6- Сводная таблица режимов резания

№ оп, наименование	Переход, диаметр обработки	t, мм	S, мм/об	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , мин <sup>-1</sup>	n <sub>пр</sub> , мин <sup>-1</sup>	V <sub>пр</sub> , м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Оп10-Токарная черновая	Точ.Ø221,5	2,6	0,5	70,4	101	101	70,4
	Подрез.торец до Ø276,4	2,6	0,5	70,4	81	81	70,4
	Раст.Ø158,5	3,0	0,5	62,0	124	124	62,0
Оп15-Токарная черновая	Снять фаск.Ø 168,9	3,0	0,5	68,9	130	130	68,9
	Точ.Ø236,5	2,6	0,5	70,4	94	94	70,4
	Точ.Ø235,1	2,6	0,5	70,4	95	95	70,4
	Точ.Ø273,5	3,3	0,5	67,9	79	79	67,9
Оп20-Токарная чистовая	Точ.Ø220,4	0,55	0,25	169,9	245	245	169,9
	Подр.торец до Ø273,5	0,55	0,25	169,9	198	198	169,9
	Раст.Ø159,5	0,55	0,25	152,5	304	304	152,5
Оп25-Токарная чистовая	Снять фаск.Ø 170	0,55	0,25	169,9	318	318	169,9
	Точ.Ø235,4	0,55	0,25	169,9	230	230	169,9
	Точ.Ø272,4	0,55	0,25	169,9	200	200	169,9
Оп025- Внутрешлифовальная	Шлиф.Ø 159,8	0,15	3600* 0,010**	35	70	70	35
Оп030- Протяжная	Прот.пазы В=40	9,4	-	8	-	-	8
Оп035- Сверлильная	Сверл.Ø17,5	8,75	0,35	16,2	294	315	17,3
	Нарез.резьбу М20	2,0	2,0	8,0	127	125	7,9
Оп040- Зубофрезерная	Фрезер.зубья фр.Ø90	6,6	2,0	70	247	240	67,8
Оп045- Зубошевинговальная	Шевинг. зубья шеверомØ180	0,15	120* 0,03**	100	176	160	90,4
Оп070- Внутрешлифовальная	Шлиф.Ø 160	0,10	2800* 0,006**	35	70	70	35
	Шлиф.торец Ø230	0,20	2100* 0,010**	35	48	48	35
Оп075- Круглошлифовальная	Шлиф.Ø 220	0,2	0,010** 10	35	50	50	35

## Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Оп080- Круглошлифо- вальная	Шлиф.Ø 235	0,2	0,8/0,20*	35	47	40	29,5
	Шлиф.Ø 272	0,2		35	40	40	35
* - подача в мм/мин, **-подача в мм/дв.ход стола							

### 2.7.3 Расчет технологических норм времени

Произведем определение норм штучно-калькуляционного времени

$T_{штуч-кальк}$ , мин согласно формулы [5, с.101]

$$T_{штуч-кальк} = T_{под-заг}/n_{прогр.} + T_{штуч.} \quad (2.25)$$

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

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

$$n_{прогр.} = N \cdot a / D_{раб}, \quad (2.26)$$

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

$a$ - период запуска партии деталей в днях,  $a= 24$ ;

$D_{раб}$ - рабочие дни

$$n_{прогр} = 5000 \cdot 24 / 254 = 472 \text{ шт.}$$

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

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

$$T_{штуч} = T_{осн} + T_{вспом} \cdot k + T_{об.от} \quad (2.27)$$

где  $T_{осн}$  – время основной обработки заготовки, мин;

$T_{вспом}$  – время вспомогательных работ, мин.;

$k$  – серийный показатель.

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

Для операции абразивной обработки (шлифовальной)  $T_{шт}$ , мин будет равно:

$$T_{штуч} = T_{осн} + T_{вспом} \cdot k + T_{технич.} + T_{организац.} + T_{отдых.} \quad (2.28)$$

где  $T_{технич.}$  - норматив времени, связанный с техническим обслуживанием рабочего места станочника, мин, который определяется по формуле (2.29);

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

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

$$T_{технич} = T_{осн} \cdot t_{п} / T, \quad (2.29)$$

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

$T$  - стойкость шлифовального круга, мин.

Определим норматив времени вспомогательного  $T_{вспом.}$ , мин:

$$T_{вспом} = T_{устан.} + T_{закреп.} + T_{управл.} + T_{измер.}, \quad (2.30)$$

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

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

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

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

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{п} / T, \quad (2.31)$$

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

$T$  - стойкость шлифовального круга, мин.



Расчет времени по приведенной методике оформим в виде таблицы 2.7.

Таблица 2.7 - Нормы времени

Операция	T <sub>осн.</sub>	T <sub>вспом.</sub>	T <sub>операт.</sub>	T <sub>об.от.</sub>	T <sub>под-заг.</sub>	T <sub>штуч.</sub>	n	T <sub>штуч-кальк.</sub>
	МИН	МИН	МИН	МИН	МИН	МИН		МИН
Оп05-Токарная черновая	6.560	3.012	9.572	0.574	23	10.15	472	10.2
Оп10-Токарная черновая	4.428	2.945	7.373	0.442	20	7.815	472	7.858
Оп15-Токарная чистовая	4.993	3.16	8.153	0.489	23	8.642	472	8.691
Оп20-Токарная чистовая	3.580	3.308	6.888	0.413	20	7.301	472	7.343
Оп025- Внутришлифовальная	1.833	3.078	4.911	0.524	24	5.435	472	5.485
Оп030- Протяжная	0.564	3.001	3.565	0.214	16	3.779	472	3.813
Оп035- Сверлильная	1.565	3.09	4.655	0.279	28	4.934	472	4.994
Оп040- Зубофрезерная	9.350	3.045	12.395	0.744	32	13.14	472	13.21
Оп045- Зубошевинговальная	2.430	3.09	5.52	0.331	32	5.851	472	5.919
Оп070- Внутришлифовальная	1.504	3.315	4.819	0.446	24	5.265	472	5.316
Оп075-Круглошлифовальная	2.112	3.138	5.25	0.51	24	5.76	472	5.811
Оп080-Круглошлифовальная	0.862	3.374	4.236	0.369	24	4.605	472	4.656

## 3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Для разработки станочного приспособления рассмотрим операцию 020, для нее применяется токарный 3-х кулачковый рычажный патрон, выполним его расчет

#### 3.1.1 Расчет усилия резания

Чтобы определить основные характеристика патрона, в качестве исходных данных принимаем главную составляющую силы резания  $P_z$ , которая была определена ранее:  $P_z = 338 \text{ Н}$

#### 3.1.2 Расчет усилия зажима

Схема зажима заготовки представлена на рисунке 3.1.

Определим необходимое усилие зажима:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_o}{f \cdot R}, \quad (3.1)$$

где  $K$  – гарантированный параметр запаса;

$P_z$  – сила резания, Н;

$R_o$  – радиус, по которому производится обработка, мм;

$f$  – параметр трения на рабочей поверхности кулачка;  $f = 0,16$

$R$  – радиус, по которому производится касания кулачков, мм.

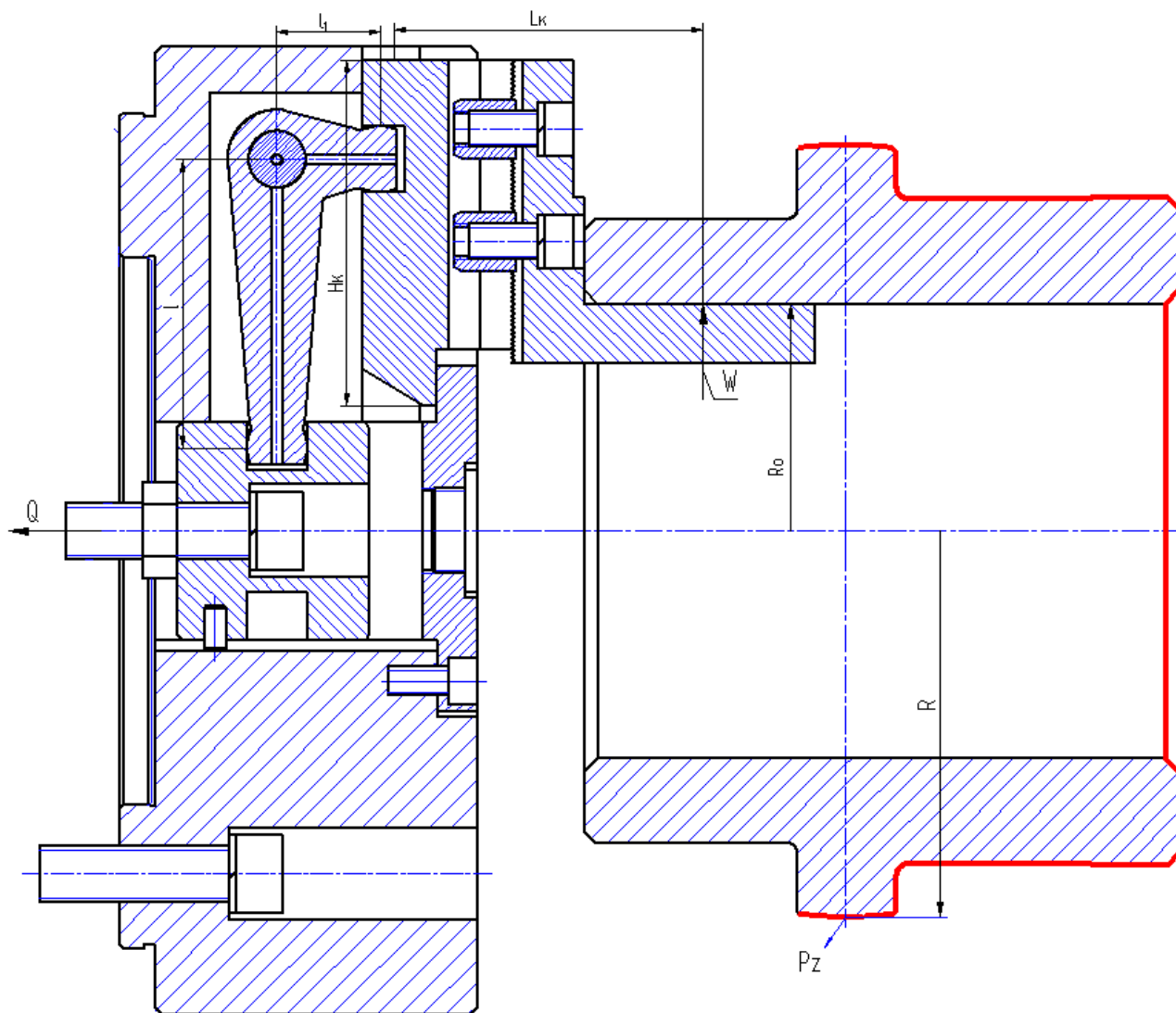


Рисунок 3.1 - Схема приложения сил

Параметр, характеризующий запаса усилия зажима [16,с.382]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 , \quad (3.2)$$

где  $K_0$  - коэффициент гарантированного запаса.  $K_0 = 1,5$  [18, с.382];

$K_1$  – данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при случайных неровностях на обрабатываемых поверхностях заготовки.  $K_1 = 1,2$  [18, с.382];

$K_2$  – данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента.  $K_2 = 1,0$  [18, с.383];

$K_3$  – данный коэффициент учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании.  $K_3 = 1,2$  [18, с.383];

$K_4$  – данный коэффициент характеризует постоянство сил, которые развивает зажимной механизм приспособления  $K_4 = 1,0$  [18, с.383];

$K_5$  – данный коэффициент характеризует эргономику при немеханизированном зажиме  $K_5 = 1,0$  [18, с.383].

$K_6$  – данный коэффициент учитывается при наличии моментов резания, которые стремящихся повернуть заготовку, которая установлена плоской поверхностью.  $K_6 = 1,0$  [18, с.384].

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16.$$

Если  $K < 2,5$ , принимаем  $K = 2,5$ .

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 338 \cdot 272,4 / 2}{0,16 \cdot 159,5 / 2} = 9020 \text{ Н.}$$

### 3.1.3 Определение конструкции зажимного механизма и его расчет

Конструкция зажимного механизма с размерами и действием сил приведена на рисунке 3.1.

Определим величину усилия зажима  $W_1$ , прикладываемой к постоянным кулачкам:

$$W_1 = K_1 \cdot \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (L_K / H_K)}, \quad (3.3)$$

где  $K_1 = (1,05 \div 1,1)$  – коэффициент, учитывающий силы трения в патроне, определяем по [2, с.153],  $K_1 = 1,1$ ;

$f_1$  – коэффициент трения, который возникает между корпусом патрона и направляющими постоянных кулачков,  $f_1 = 0,1$  [2, с.153];

$L_K$  – длина, мм;  $L_K = 108$  мм;

$H_K$  – длина, мм;  $H_K = 120$  мм.

$$W_1 = 1,1 \cdot \frac{9020}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (108 / 120)} = 13591 \text{ Н.}$$

Теперь произведем расчет усилия  $Q$ , которое создается силовым приводом

станка:

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (3.4)$$

где  $l_1, l$  – длины плеч рычага, мм

$$Q = 13591 \cdot \frac{34}{102} = 4530 \text{ Н.}$$

### 3.1.4 Выбор конструкции и расчет силового привода

Диаметр поршня пневмоцилиндра с рабочим давлением 0,4 МПа:

$$D = 1.17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (3.5)$$

где  $p$  – давление рабочей среды, МПа;

$\eta = 0,9$ - параметр, учитывающий потери в приводе

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{4530}{0,4 \cdot 0,9}} = 131,4 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 примем  $D = 200$  мм.

Ход рычага в месте закрепления (ход кулачков) принимаем 2 мм

Тогда ход штока привода будет определен в зависимости от передаточного отношения плеч рычага, он равен

$$S_{p(Q)} = 2 \cdot \frac{102}{34} = 6 \text{ мм}$$

### 3.1.5 Расчет погрешности базирования

При установке заготовки в патрон измерительная база совпадает с технологической, при этом погрешность базирования равна нулю.

### 3.1.6 Описание принципа работы приспособления

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

Приспособление состоит из патрона и пневмоцилиндра.

Патрон работает следующим образом:

Заготовка устанавливается в кулачках 10 с упором в торец кулачков. При подаче воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра поршень 13 через шток 20, тягу 17, винт 25 толкает втулку 3 вправо, рычаги 14 поворачиваются на осях 11, сдвигая подкулачники 12 с закрепленными на них сменными кулачками 10, которые зажимают заготовку по отверстию. При подаче воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 13 отходит влево, описанный выше цикл происходит в обратном направлении и заготовка разжимается.

### 3.2 Проектирование контрольного приспособления

Произведем проектирование конструкции контрольного приспособления для Оп 075 Контрольная, где производится контроль биения наружной поверхности и торца относительно базового отверстия.

Спроектируем приспособление для контроля биения, взяв за основу аналогичные приспособления, улучшив их конструкцию и устранив недостатки.

#### Описание конструкции приспособления

Приспособление содержит основание, позиция 6, к которому винтами, позиция 13 крепится базовая плита, позиция 8, на которую устанавливаются индикаторные блоки, позиции 1 и 2. В отверстие основания, позиция 6 устанавливается фланец, позиция 11, закрепленный винтами, позиция 14. В отверстие фланца установлена самоцентрирующая цанговая 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:

Заготовка устанавливается в оправке, позиция 3 с упором в опору, позиция 5. Цанговая оправка, позиция 2 зажимается, центрируя заготовку по базовому отверстию. Для снятия заготовки в цанговой оправке нажимной винт откручивают, цанга отходит вниз по конусу корпуса, сжимается, раскрепляя заготовку.

Для контроля биения торца на плиту, позиция 8, устанавливается индикаторный блок, позиция 1. В контролируемый торец упирается вставка индикатора. Вращая деталь, вставка индикатора повторяет неровности профиля детали, отклоняется и с индикатора снимают 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.

У индикаторов есть возможность ввода предельных контролируемых значений полей допусков и годность детали можно определять не по разнице показаний индикатора, а по цвету дисплея: дисплей становится красным при преодолении верхнего или нижнего предела допуска.

## 4 Научные исследования

Произведем выбор методов повышения стойкости быстрорежущего инструмента, которые применяются на зубофрезерной операции.

Выбор будет проводить как по отечественной литературе, данными из Интернета, так и по зарубежным источникам: [19], [20] и [21].

В результате выбора принимаем метод повышения стойкости: Увеличение стойкости червячных фрез с помощью нанесения современных износостойких покрытий.

### 4.1 Увеличение стойкости червячных фрез с помощью нанесения современных износостойких покрытий.

В процессе нанесения износостойкого покрытия на инструментальном материале создается твердый слой, который создает своего рода барьер между инструментальным и обрабатываемым материалом. Покрытие, как правило, имеет более низкий коэффициент трения по сравнению с инструментальным материалом. В результате снижается трение между стружкой и передней поверхностью, что существенно сокращает абразивный износ. Наличие барьерного слоя также ослабляет эффект адгезионного износа, поскольку сокращается наростообразование в процессе резания. Наличие износостойкого покрытия сокращает количества тепла, попадающего в инструментальный материал. В результате уменьшается нагрев инструментального материала. Уменьшение температуры и создание барьера практически полностью предотвращает диффузию инструментального и обрабатываемого материала и связанный с ней диффузионный износ. Покрытие также создает химический барьер, увеличивая стойкость инструмента против окисления и других химических воздействий.

Таким образом, наличие покрытия замедляет все основные процессы износа инструментального материала. Этим фактом можно воспользоваться не только для повышения стойкости, но и для существенного повышения производительности.

На сегодняшний день существует много видов износостойких покрытий на



режущий инструмент. Они различаются по структуре, по химическому составу и толщине. В однослойных покрытиях на материал наносится равномерный слой определенного химического состава. Это самые простые покрытия. Современная технология позволяет наносить более сложные покрытия с более высокими эксплуатационными характеристиками. Градиентными называются покрытия, в которых химический состав постепенно изменяется от покрываемого материала к внешней поверхности покрытия. Градиентные покрытия могут состоять из одного химического соединения или реализовывать постепенное замещение одного химического соединения другим. Покрытия, в которых слои с разным химическим составом чередуются и имеют четко очерченные границы, называются многослойными. Если слоев много, то они очень тонкие (толщина каждого слоя составляет несколько нанометров –  $10^{-9}$  м) и такие покрытия называют нанослойными.



Рисунок 4.1 – Фрезы червячные в установке фирмы Platit для нанесения износостойкого покрытия.

Существуют два основных метода нанесения износостойкого покрытия на режущий инструмент – методом химического осаждения (CDC) и методом физического осаждения (PVD). Для нанесения покрытия методом химического осаждения исходные материалы переводят в газообразное состояние. Рабочие газы попадают в камеру нанесения покрытия, в которой при температуре  $900...1100^{\circ}$  С происходит химическая реакция с образованием твердого вещества, которое затем осаждается на изделие в виде покрытия. Остаток рабочих га-

зов и прочие продукты реакции постоянно откачиваются насосами (рисунок 4.2). Преимуществом этого метода является достаточно высокое рабочее давление, в результате покрытие распределяется равномерно даже на изделиях сложной формы. Таким методом можно покрывать даже стенки отверстий. То, что процесс нанесения покрытия происходит при высокой температуре, обеспечивает хорошую сцепляемость покрытия с материалом изделия за счет диффузионных процессов. В то же время высокая температура процесса является и основным недостатком этого метода. Очевидно, что эта температура существенно превышает температуру отпуска быстрорежущей и инструментальной стали. Теоретически можно наносить покрытие на инструмент из быстрорежущей стали методом химического осаждения с последующей повторной закалкой. Однако, при закалке неминуемо возникнут деформации, которые существенно повлияют на точность изделия. Поэтому для точных инструментов из быстрорежущей стали (например, червячных фрез) метод нанесения покрытия химическим осаждением неприменим. Отметим, что температуры свыше  $800^{\circ}\text{C}$  также неблагоприятно сказываются на свойствах твердого сплава. Он становится более хрупким и, кроме того, исчезают благоприятные сжимающие напряжения, полученные при спекании твердого сплава. Поэтому все более широкое распространение получают новые методы химического осаждения - среднетемпературные и с поддержкой плазмой.

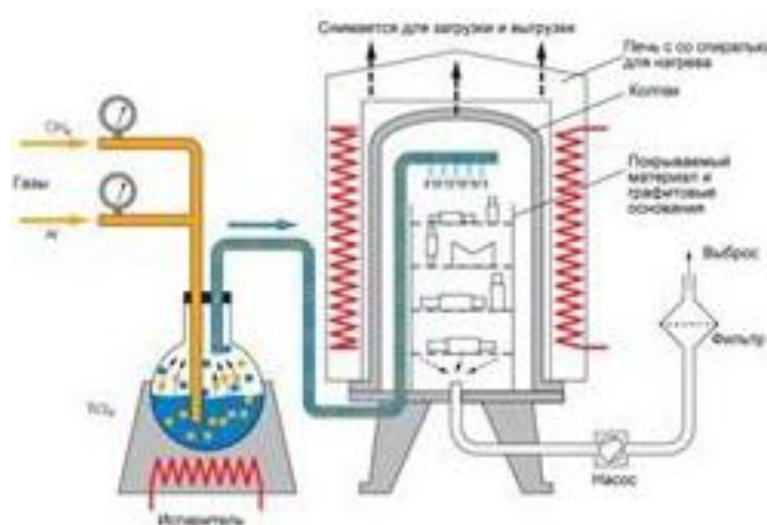


Рисунок 4.2 – Схема процесса нанесения покрытия.

Для метода физического осаждения твердый исходный материал превращается в газовую фазу за счет тепловой или кинетической. Из газовой фазы материал покрытия осаждается тонким слоем на изделие. При подаче в камеру покрытия рабочего газа (азота и углеродосодержащих газов) образуются нитриды и карбиды исходного вещества. Процесс происходит в вакууме с образованием плазмы, т.е. газа, состоящего из ионов, электронов и нейтральных частиц. Плазма электропроводна, диамагнитна и в то же время нейтральна за счет практически равного количества частиц, несущих позитивный и негативный заряды. При этом методе покрытие бомбардируется ионами. Существует несколько вариантов реализации метода физического осаждения покрытия. Они различаются способом превращения твердого материала в газообразную фазу и способом перенесения плазмы к изделию. Материал изделия может испаряться или распыляться. Применяют следующие основные виды испарения материала мишени: тепловое испарение, испарение электрической дугой, испарение электронным пучком, испарение лазером. Испарившийся материал мишени переносится к изделию, соединяясь по пути с реакционным газом. Для увеличения скорости (и, соответственно) кинетической энергии переноса к изделию подводится отрицательное напряжение. Для распыления материала мишени он бомбардируется ионами газа. Освободившиеся ионы мишени вступают в реакцию с газом и осаждаются на изделии. Поскольку при методе физического осаждения используется концентрированный источник материала покрытия, необходимо обеспечить движение изделия таким образом, чтобы плазма попадала равномерно на всю поверхность изделия. На рисунке 4.3 схематически представлены один из основных методов физического нанесения покрытия испарением электрической дугой.

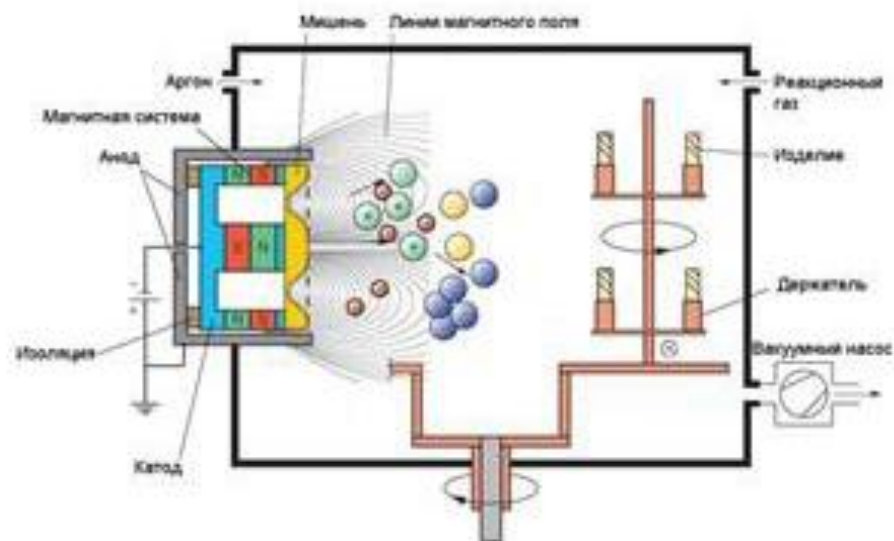


Рисунок 4.3 – Схема одного из основных методов физического осаждения.

Таблица 4.1- Основные характеристики двух методов нанесения покрытия химическим и физическим методом

	PVD	CVD
Параметры технологии		
Давление	< 102Па	< 102Па
Температура основы	< 5000С	> 5000С
Степень осаждения	Высокая	Низкая
Структура	Аморфная, тонкокристаллическая	Кристаллическая с кромками
Сцепляемость	Трудное	Легкое
Поры/трещины	Редко	Возможно
Условия производства		
Размер партии	Маленький	Большой
Возможность перекрытия	Плохая	Хорошая
Требования к оборудованию	Высокие	Низкие
Стоимость /шт.	Высокая	Низкая

В таблице приведены основные характеристики двух методов нанесения покрытия - химическим и физическим методом.

Износостойкие покрытия оцениваются по следующим основным характеристикам:

- твердость слоя покрытия;
- теплостойкость покрытия (способность покрытия сохранять свои свойства при высоких температурах);

- коэффициент трения (влияет на сход стружки и выделяемое при этом тепло);
- теплопроводность покрытия (влияет на распределение выделяемого при резании тепла);
- вязкость покрытия (способность противостоять изгибающим нагрузкам без разрушения);
- шероховатость поверхности покрытия (влияет на сход стружки и на возникновение очагов разрушения покрытия).

Наиболее распространенным на сегодняшний день износостойким покрытием для червячных фрез является нитрид титана TiN. Покрытие TiN обладает высокой твердостью в сочетании с высокой вязкостью, хорошей износостойкостью, низким коэффициентом трения со сталью, хорошей химической стойкостью, высокой сопротивляемостью окислению на воздухе, хорошей адгезией на изделиях сложной формы. Высокая твердость покрытия обеспечивает сопротивляемость, как абразивному износу, так и луночному износу. В результате становится возможным увеличение режимов обработки, при этом износ инструмента остается на том же уровне, что у инструментов без покрытия. В результате нанесения покрытия TiN можно увеличить стойкость червячной фрезы в 2-12 раз (рисунок 4.4).

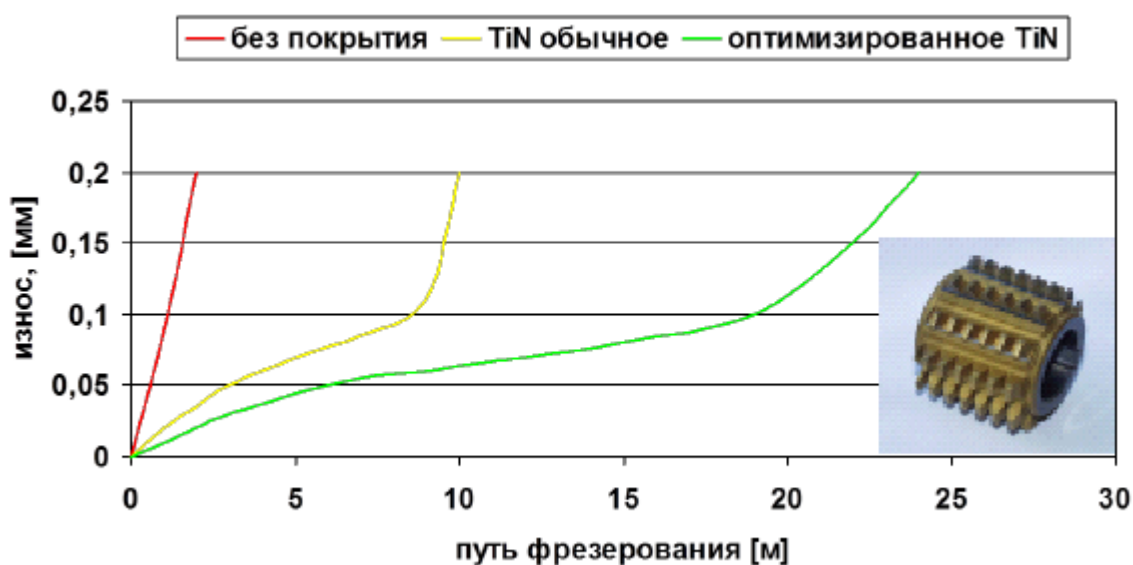


Рисунок 4.4 – Показатели эффективности применения покрытия TiN, материал: ШХ15, размеры: D=80x180 мм – Vc=135 м/мин, СОЖ: эмульсия.

Поскольку рабочая температура этого покрытия не превышает  $600^{\circ}\text{C}$ , скорость резания может быть увеличена в определенных пределах. Ограничение по рабочей температуре предопределяет использование инструментов с покрытием TiN только с применением СОЖ.

Традиционное покрытие карбонитридом титана TiCN отличается от покрытия TiN более высокой твердостью. Высокая твердость (обусловленная наличием углерода в кристаллической решетке) в сочетании с низким коэффициентом трения определяет широкую область применения данного покрытия как в качестве твердого покрытия на инструмент, так и в качестве снижающего трение покрытия на детали машин. Цвет покрытия - серо-голубой или медно-красный и зависит от соотношения доли углерода и азота. При использовании инструментов с покрытием TiCN обязательно применяется СОЖ (из-за низкой температурной стойкости покрытия). Покрытие часто наносится в виде многослойного или градиентного с постепенным увеличением содержания углерода к поверхности.

Доля покрытий (Ti,Al)N в общем объеме износостойких покрытий последние годы постоянно увеличивается. Преимущество этих покрытий в высокой стойкости к окислению при очень высокой твердости и низкой теплопроводности. Покрытие (Ti,Al)N создает тепловой барьер, практически изолирующий инструментальный материал от воздействия тепла, образующегося при резании. Происходит перераспределение тепловых потоков, и большая часть тепла уходит в стружку. Кроме того, в отличие от других видов покрытия, с увеличением температуры резания на поверхности этого покрытия образуется пленка оксида алюминия, обладающая более низким коэффициентом трения. В результате снижаются усилия при обработке. Как следствие, областью применения инструментов с покрытием (Ti,Al)N является обработка с большими термическими нагрузками на инструмент. К таким операциям относится высокопроизводительная обработка, когда повышение режимов резания приводит к увеличению температуры в зоне контакта между заготовкой и инструментом, и обработка без применения СОЖ.

Созданное около трех лет назад не содержащее титана покрытие AlCrN уже нашло широкое распространение, прежде всего именно для червячных фрез. Бо-

лее высокая износостойкость покрытия обеспечивает увеличение стойкости и сокращение затрат на инструмент. По сравнению с рассмотренными выше видами покрытия, покрытие AlCrN характеризуется стойкостью к окислению при температурах до 1100° С, сохраняя при этих температурах высокую химическую стабильность. Это покрытие может быть нанесено на червячные фрезы как из порошковой быстрорежущей стали, так и из твердого сплава. По сравнению с покрытиями TiAlN во этом случае обеспечивается рост стойкости (в некоторых случаях двухкратный).

Покрытие nAlCrO по химическому составу совпадает с покрытием AlCrN, но имеет нанокompозитную структуру. Нанокompозитная структура (рисунок 4.5) представляет собой нанокристаллические зерна материала покрытия, внедренные в покрытие с сухим песком на пляже, то нанокompозитное покрытие обладает свойствами мокрого песка.

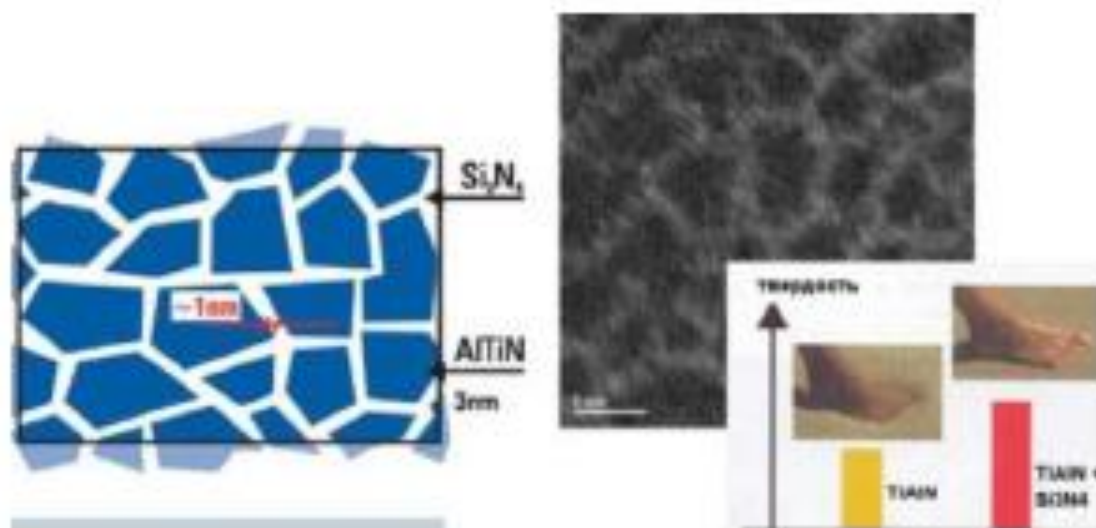


Рисунок 4.5 – Нанокompозитная структура покрытия nAlCrO.

В результате при более высокой твердости это покрытие одновременно является и более эластичным, хотя обычно эти два параметра являются взаимно исключаящими. Увеличение твердости и снижение коэффициента трения благоприятно сказывается на стойкости инструментов с нанокompозитными покрытиями (рисунок 4.6).

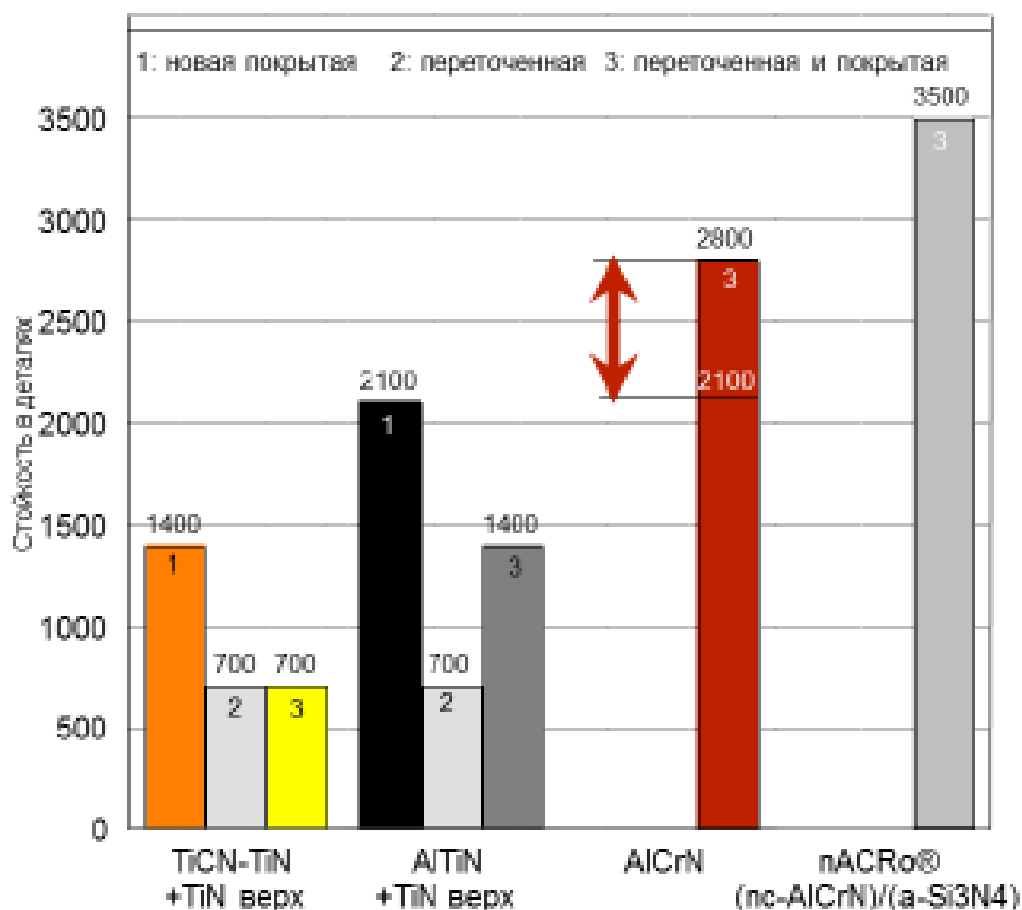


Рисунок 4.6 – Сравнение твердости, коэффициента трения и стойкости инструментов с нанокompозитными и другими видами покрытия.

Рассмотрим комбинации инструментального материала и покрытий для червячных фрез. На обычную быстрорежущую сталь наносят, как правило, покрытия TiN, TiCN и TiAlN. Покрытие TiN применяется для обработки различных материалов с применением СОЖ на скоростях резания, не превышающих 100 м/мин. Покрытие TiCN также требует обязательного использования СОЖ и применяется для обработки материалов высокой твердости. Фрезы из обычной быстрорежущей стали достаточно редко применяются для сухой обработки. Если все же такая комбинация имеет место, то на фрезу наносят покрытие TiAlN. Скорости резания в этом случае не превышают 110 м/мин, что определяется свойствами быстрорежущей стали. На порошковую быстрорежущую сталь могут наноситься все рассмотренные выше виды износостойких покрытий.

Любое из этих покрытий может быть применено в случае обработки с применением СОЖ. Скорости резания в этом случае могут быть увеличены до 130



м/мин. Червячные фрезы с покрытиями, содержащими алюминий, применяются также для сухой обработки (без СОЖ). Скорости резания в этом случае могут быть увеличены до 180 м/мин. Отметим, что на фрезы для сухой обработки в процессе восстановления режущих свойств после переточки обязательно наносится новое покрытие для предотвращения возникновения луночного износа. Решение о повторном нанесении покрытия на червячные фрезы, работающие с СОЖ, принимается в зависимости от условий их эксплуатации. Выбор покрытия на твердый сплав также зависит от того, предполагается ли применение СОЖ на данной операции. Покрытие AlCrN может быть применено во всех случаях. Покрытие TiN не применяется. Покрытие TiCN применяется только для обработки с СОЖ. Покрытие TiAlN на твердом сплаве применяется в виде однослойного покрытия для сухого резания.

Покрытие может наноситься на новые червячные фрезы и восстанавливаться после переточки. Различными в этом случае являются первые, подготовительные, операции. После изготовления новой червячной фрезы она поступает на участок подготовки перед нанесением покрытия. Основной операцией на этом этапе является струйная обработка специально подобранным абразивом. Целью этой обработки является удаление заусенцев, образовавшихся на кромках фрезы после шлифования зубьев по передней поверхности, и очистка задних поверхностей зубьев для лучшей сцепляемости покрытия с инструментальным материалом. Операция производится на специальных автоматизированных струйных установках. После струйной обработки червячные фрезы, как правило, попадают непосредственно на операцию нанесения покрытия. В отдельных случаях они могут проходить через специализированную мойку, однако, при нормальной струйной обработке это не требуется (в этом заключается основное отличие нанесения покрытий на червячные фрезы от нанесения покрытий на большинство других инструментов, когда мойка является обязательным этапом). Червячные фрезы загружаются в камеру нанесения покрытия в вертикальном положении на поворотные стойки (рисунок 4.1). После завершения цикла нанесения покрытия осуществляется контроль покрытия. Поскольку контролировать саму фрезу достаточно затруднительно из-за её сложной формы, в камеру нанесения покрытия помещается небольшой образец («свидетель») из того же

инструментального материала, что и червячная фреза. На образец наносится такое же покрытие, как и на фрезу и на нем оно и контролируется. Для этого в серийном производстве применяется прибор, называемый колотестер (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7 - Колотестер и схема его использования.

На поверхности образца с помощью вращающегося шарика с нанесенной на него абразивной пастой делается лунка, которая потом измеряется на микроскопе. Зная диаметр шарика, которым была сделана лунка, можно пересчитать диаметр получившегося «отпечатка» в толщину покрытия. Технология нанесения износостойкого покрытия в процессе восстановления режущих свойств инструмента отличается от рассмотренной выше технологии нанесения покрытия на новые фрезы только подготовительными операциями. Сначала надо решить, будет ли восстанавливаться износостойкое покрытие. В некоторых случаях покрытие не наносится заново, фрезы просто перетачиваются по передней поверхности и с них снимаются заусенцы. Это происходит в том случае, когда фреза работает на низких скоростях резания и не требуется обязательного наличия покрытия на передней поверхности для защиты от луночного износа. В этом случае переточка фрезы осуществляется «по покрытию», что снижает стойкость шлифовальных кругов. Если необходимо восстановить износостойкое покрытие и на задней и на передней поверхностях инструмента, то первой операцией является удаление старого покрытия. Покрытия удаляются химическим способом (растворяются) в специально подобранных растворах и условия удаления покрытия очень сильно различаются в зависимости от вида покрытия и технологии

его нанесения. Например, для удаления хромового покрытия требуется электролитический процесс. Особенно осторожно надо удалять покрытия с твердого сплава, так как при неправильно подобранном химическом составе раствора или несоблюдении технологии из поверхностного слоя твердого сплава «вымывается» кобальт, что приводит к уменьшению вязкости твердого сплава. После удаления покрытия червячные фрезы проходят операцию струйной очистки и поступают на заточку. Заточенная червячная фреза должна обязательно пройти процедуру струйной обработки для удаления заусенцев и подготовки поверхности под последующее нанесение покрытия. С этого момента процесс нанесения покрытия на восстанавливаемые фрезы полностью совпадает с процессом покрытия новых фрез, рассмотренным выше.

Кроме правильного выбора износостойкого покрытия так же имеет их толщина (рисунок 4.8). Покрытие толщиной больше 6 мкм может привести к искажению профиля. Для чистовых операций лучше наносить покрытие толщиной около 3 мкм. Покрытие толщиной 6 мкм на фрезе с задним углом  $3^\circ$  допускает теоретический износ режущих кромок 0,14 мм. При увеличении износа происходит прорыв покрытия и видна основа.

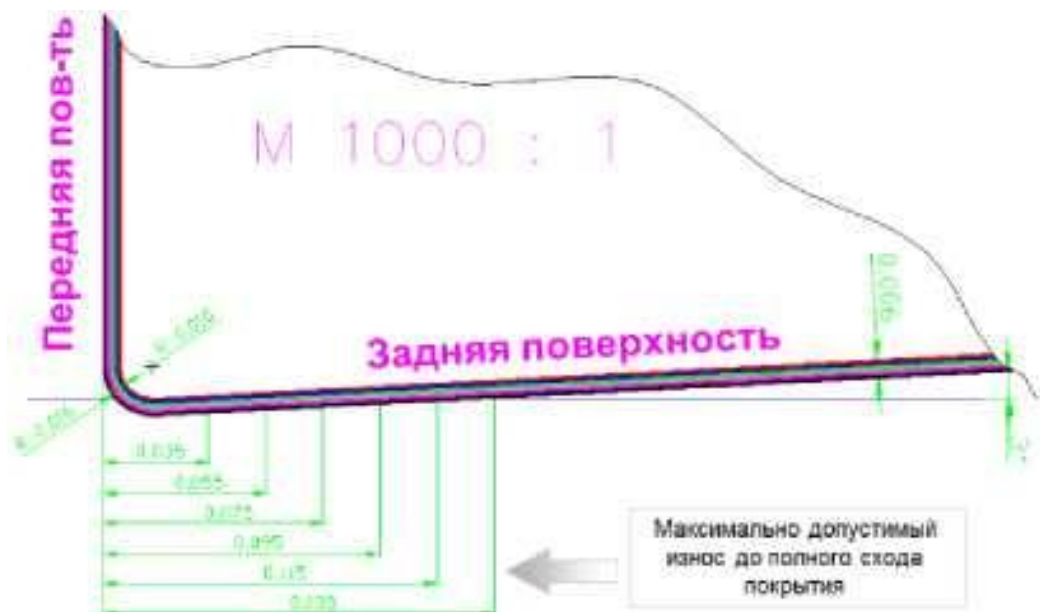


Рисунок 4.8 - Влияние толщины покрытия.

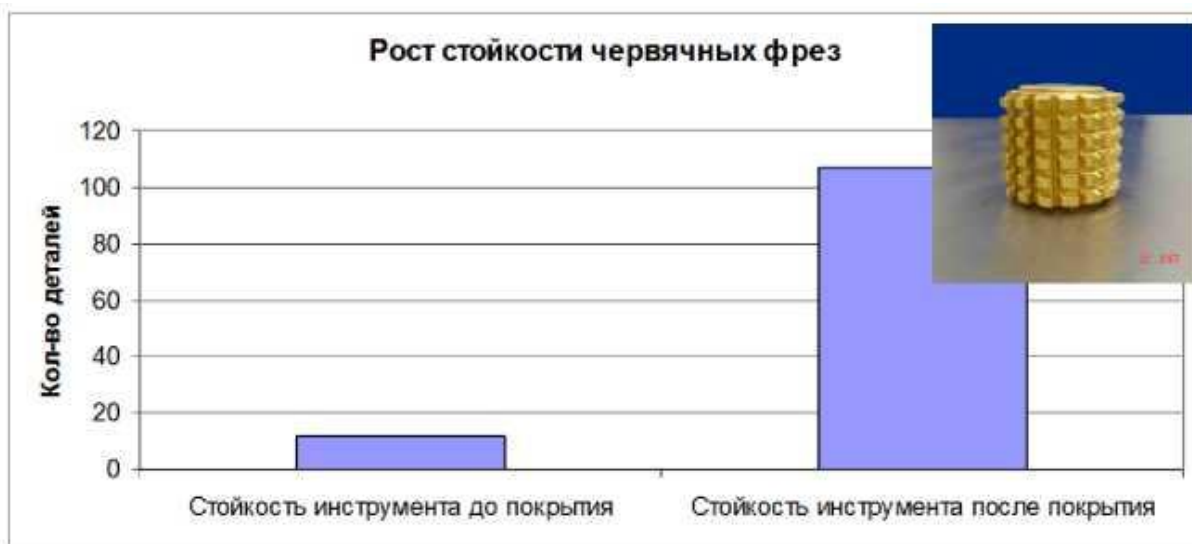


Рисунок 4.9 - Результаты нанесения покрытий на установку на зубообрабатывающий инструмент изготовления российских предприятий фирмой ООО «Технологические покрытия» (г. Москва).

В результате применения износостойких покрытий мы достигаем:

- снижение коэффициента трения между режущей кромкой и обрабатываемым материалом;
- снижение температуры в зоне резания;
- уменьшение диффузии.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1 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 5.1

Таблица 5.1 – Результаты заполнения технологического паспорта объекта

Наименование перехода технологического процесса, выполняемые работы, должность работника	Модель технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1) Пер.: Штамповка, Оп: Заготовительная, Рабочий: Кузнец-штамповщик	КГШП	Металл
2) Пер: Точение, Оп: Токарная, Рабочий: Оператор станка с ЧПУ	T500/1000	Металл, СОЖ
3) Пер: Протягивание, Оп: Протяжная, Рабочий: Протяжник	СНІ-360	Металл, СОЖ
4) Пер: Сверление, Оп: Сверлильная, Рабочий: Сверловщик	2P135Ф2-1	Металл, СОЖ
5) Пер: Зубофрезерование, Оп: Зубофрезерная Рабочий: Зуборезчик	УКВ3120А	Металл, СОЖ
6) Пер: Зубошевингование, Оп: Зубошевинговальная Рабочий: Зуборезчик	5Д702	Металл, СОЖ
7) Пер: Внутреннее шлифование, Оп: Внутрিশлифовальная, Рабочий: Шлифовщик	3K228B	Металл, СОЖ
8) Пер: Круглое шлифование, Оп: Круглошлифовальная, Рабочий: Шлифовщик	SHU-321	Металл, СОЖ

## 5.2 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 5.2

Таблица 5.2 – Определение профессиональных рисков

Переход техпроцесса, операция, Источник возникновения произв. фактора	Перечень опасных и вредных произв. фактор
Оп: Заготовительная Источник: КГШП	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: Т500/1000 Оп: Протяжная Источник: СНИ-360 Оп: Сверлильная Источник: 2Р135Ф2-1 Оп: Зубофрезерная Источник: УКВ3120А Оп: Зубошевинговальная Источник: 5Д702	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: Внутришлифовальная, Источник: 3К228В Оп: Круглошлифовальная Источник: SHU-321	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

### 5.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Анализируя действующие опасные и вредные произв. факторы, опишем организационно-технические методы, а также технические средства для защиты от них. Результаты приводим в таблице 5.3

Таблица 5.3 – 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) 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 передвигающиеся 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, огораживать 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

## 5.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта

### 5.4.1 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 5.4

Таблица 5.4 – Определение классов и опасных факторов пожара

Технологический участок, применяемое оборудование	Наименование класса пожара	Возникающие факторы пожара: опасные и сопутствующие
Участок: Кузнечный. Оборуд: КГШП	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: Т500/1000, 2Р135Ф2-1, СН1-360, УКВ3120А, 5Д702	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: 3К227В, SHU-321	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.



#### 5.4.2 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 автомобили, 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.

#### 5.4.3 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: УКВ3120А

Произведем описание видов реализуемых организационных и организа-

ционно-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.

## 5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

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

### 5.5.1 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: УКВ3120А

1) Структурные составляющие рассматриваемого технического объекта или технологического процесса:

- оборудование: УКВ3120А

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 объекта на литосферу:

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

5.5.2 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 5.5

Таблица 5.5 - 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
Зубофрезерная УКВ3120А	Применение «сухих» механических пылеуловителей	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения	Соблюдении правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

## 5.6 Заключение по разделу

В результате выполнения данного раздела были получены следующие результаты:

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

- определены профессиональные риски по операциям техпроцесса, описаны 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.

## 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 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 6.1.

Таблица 6.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p><u>Операция 035 – Токарная тонкая</u></p> <p>Получистовая обработка отверстия и фаски производится тонким точением.</p> <p><u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 200НТ.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон мембранный</p> <p><u>Инструмент</u> – резец-вставка расточной.</p> <p>Пластина 3-хгранная, Т30К4</p> <p><math>T_O = 4,375</math> мин</p> <p><math>T_{шт} = 7,944</math> мин</p>	<p><u>Операция 030 – Внутршлифовальная черновая</u></p> <p>Получистовая обработка отверстия производится черновым шлифованием.</p> <p><u>Оборудование</u> – Внутршлифовальный станок 3К228В.</p> <p><u>Оснастка</u> – патрон мембранный</p> <p><u>Инструмент</u> – Шлифовальный круг 5 100x80x30 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007</p> <p><math>T_O = 1,833</math> мин</p> <p><math>T_{шт} = 5,435</math> мин</p>

Описанные, в таблице 6.1., условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо знание следующих величин:

- программа выпуска изделия, равная 5000 шт.;

- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом 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 6.1.

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.

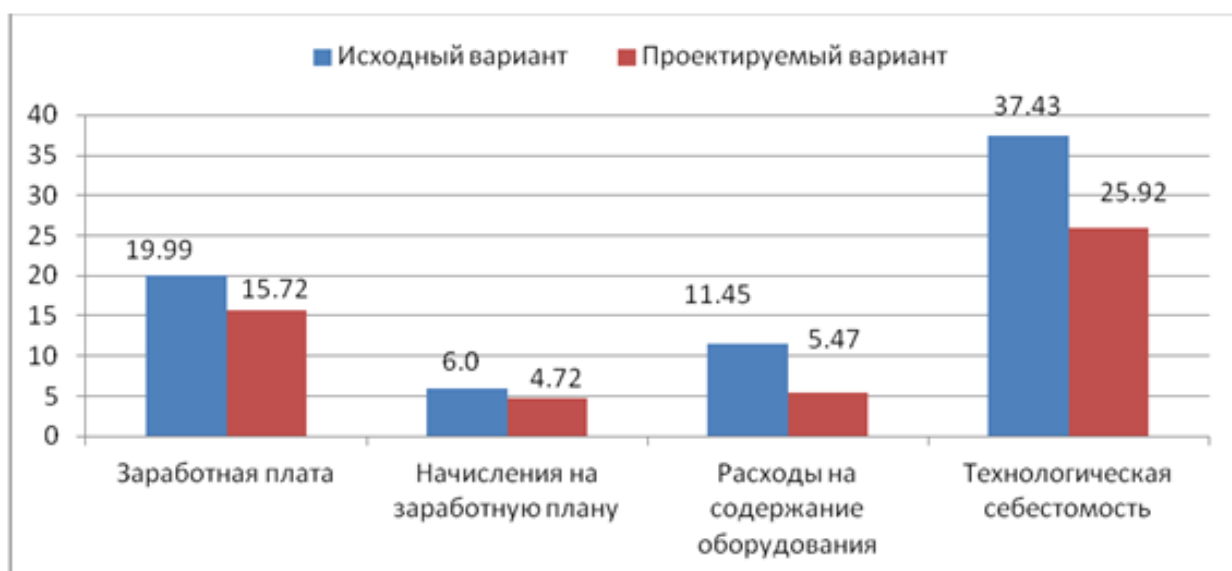


Рисунок 6.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [10], данная величина составила 211753,09 руб., 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 6.2.

Таблица 6.2 – 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	$D_{OBSLDISK}$ , руб.	247768,32
3	Интегральный экономический эффект	$\mathcal{E}_{INT} = ЧДД$ , руб.	36015,23
4	Индекс доходности	$ИД$ , руб.	1,17

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

- получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 36015,23 руб.;
- рассчитано значение срока окупаемости – 3 года, который можно считать относительно оптимальной величиной для машиностроительного предприятия;
- и наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,17 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

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



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над выпускной квалификационной работой предложены следующие изменения в базовый технологический процесс:

- разработана современная технология изготовления детали, применимо к условиям среднесерийного типа производства;
- применен более совершенный метод получения заготовки из штамповки с точным расчетом припусков аналитическим методом;
- применено высокопроизводительное оборудование отечественного и импортного производства, например токарного T500/1000 фирмы RAIS, ШИ-360 фирмы "AXISCO" УКВ3120А фирмы "СНТИ" SHU-321 фирмы "ЗШМ" АД.
- применена современная оснастка, оснащенная гидро- и пневмоприводом;
- применен современный режущий инструмент;
- спроектирован патрон рычажный с механизированным приводом для токарной операции;
- спроектировано приспособление для контроля радиального и торцевого биения с электронными индикаторами фирмы Mitutoyo.
- в результате выполнения научных исследований предложено увеличение стойкости червячных фрез с помощью нанесения современных износостойких покрытий.

Изменения, внесенные в техпроцесс изготовления детали позволили достичь основных целей работы, обеспечить заданный объем выпуска деталей, снизить себестоимость ее изготовления и повысить качество изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Экономический эффект составит 247768,32 рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
- 2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.школа, 1980, 240 с
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990
- 5 Горбачев, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбачев, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
- 6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
- 7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
- 8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
- 9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.
- 10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с..
- 11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.
- 12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

20 Davim J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 pages.

21 Jackson Mark. Machining with AbrasivesSpringer, New York, 2011. 439 p. ISBN 978-1-4419-7301-6;

22 Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

23 Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive ToolsSpringer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Маршрутная карта представленного технологического процесса.



Дубл.																				
Взам.																				
Подр.																				
																		2		
																		4		
Обозначение документа																				
А		цех	Уч.	РМ	Спер.	Код, наименование операции		Обозначение документа												
Б		Код, наименование оборудования		Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.				
A01	XXXXXX	030	4182	Протяжная		ИОТИ 37.101.7346-84														
B02	381753XXX					СНІ-360	2	16458	411	1P	1	1	1	472	1	16	3,779			
O3																				
A04	XXXXXX	035	4121	Сверлильная		ИОТИ 37.101.7111-89														
B05	391213XXX					2P135Ф2-1	2	17335	411	1P	1	1	1	472	1	28	4,934			
O6																				
A07	XXXXXX	040	4153	Зубофрезерная		ИОТ И 37.101.7111-89														
B08	381572XXX					УКВ3120А	2	18632	411	1P	1	1	1	472	1	32	13,140			
O9																				
A10	XXXXXX	045	4157	Зубошлифовальная		ИОТИ 37.101.7111-89														
B11	381574XXX					5Д702	2	18632	411	1P	1	2	1	472	1	32	5,851			
12																				
A13	XXXXXX	050	0200	Слесарная																
B14	391213XXX					4407														
15																				
A16	XXXXXX	055	0130	Моечная																
B17	375698XXX					КММ														
18																				
МК																				

Дубл.	Взам.	Любл.											3	4	
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа						Тшт.			
Б	Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.			
A01	XXXXXX	060	0200	Контрольная											
02															
A03	XXXXXX	065	0511	Термическая											
04															
A05	XXXXXX	070	4132	Внутрилшрифовальная	ИОТИ 37.101.7419-85										
B06	38132XXX			3K228B		2	18873	411	1P	1	1	472	1	24	5,265
07															
A08	XXXXXX	075	4131	Круалошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
B09	38132XXX			SHU-321		2	18873	411	1P	1	1	472	1	24	5,760
10															
A11	XXXXXX	080	4131	Круалошлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85										
B12	38132XXX			SHU-321		2	18873	411	1P	1	1	472	1	24	4,605
13															
A14	XXXXXX	085	0130	Моечная											
B15	375698XXX			КММ											
16															
A17	XXXXXX	090	0200	Контрольная											
18															
МК															





## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Операционные карты технологических эскизов.



Дубл.																							
Взм.																							
Подп.																							
Разраб.	Решенина																						
Проез	Боронов																						
Н. Контр.	Вилжалов																						
Ступица зубчатая																							
4132	Внутришлифовальная	Материал	Сталь 19ХГН	МД	36	Профиль и размеры	Ø276,4x216,4													МЗ	КЮИД		
Оборудование, устройство ЦПУ				Обозначение программы		XXXX														МЗ	КЮИД		
3К228В				XXXXXX		Укринол-1														10141	00001		
Р	Р	ПИ	Д или В	L	ММ	t	i	s	n	v										Цек	Уч	ИМ	Слер
01	01101 252XX 1 1 XXXX XXXX																						
002	1. Установить и снять заготовку																						
Т03	396111XXX- патрон мембранный ОСТ 3-3843-77																						
004	2. Шлифовать оте, выдерж. разм. 1																						
Т05	391810XXX- шлифовальный круг 5 100x80x30 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007																						
Р06	393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 2216-84; 393120XXX- приспособление контрольное с индикатором																						
007	XX	159,8	200	0,15	1	0,010	70	35												01101	252XX	1	1
08																							
09																							
10																							
11																							
12																							
ОКП																							



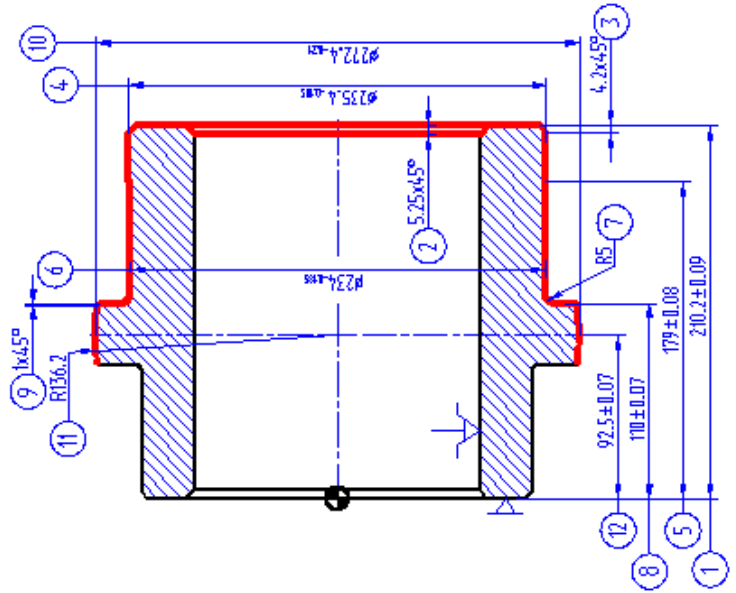
ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

Дцол.	
Взам.	
Подп.	

Разраб.	Решенина	ТГУ		1	1
Проб.	Воронов				
Н.контр.	Виткалов		Ступица зубчатая	Цех Уч. РМ	0пер. 020

$\sqrt{Ra6.3}$



КЭ

ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

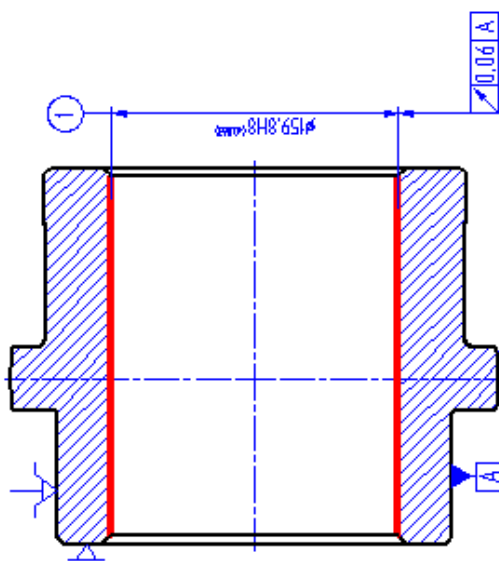
Дцм.										
Взам.										
Подп.										

										1	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разраб.	Решенина	ТГУ		Цех	Уч.	РМ	Опер.	025
Проб.	Воронов							
Н.контр.	Вилкалов							

Ступица зубчатая

$\sqrt{Ra1.6}$



КЭ

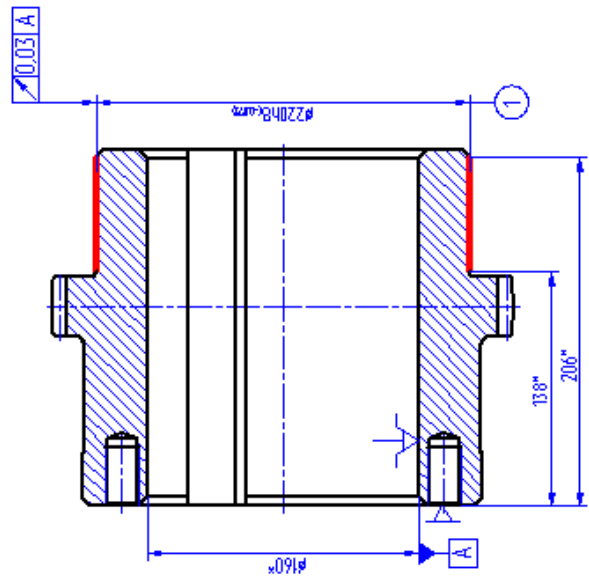
ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

Дубл.	
Взам.	
Подп.	

		1		1		1	
Разраб.	Решенина						
Проб.	Воронов						
Н.контр.	Виткалов						
		ТГУ					
		Ступица зубчатая					
		Цех	Уч.	ІРМ	Длер.	089Р.	

√Ra1.6



\*Размеры для справок

КЭ

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Спецификация, применительно к чертежу станочного приспособления.



Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			17.07.ТМ.022.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	17.07.ТМ.022.60.100	Муфта	1	
				<u>Детали</u>		
		2	17.07.ТМ.022.60.001	Втулка	1	
		3	17.07.ТМ.022.60.002	Втулка	1	
		4	17.07.ТМ.022.60.003	Демпфер	2	
		5	17.07.ТМ.022.60.004	Кольцо	1	
		6	17.07.ТМ.022.60.005	Кольцо	1	
		7	17.07.ТМ.022.60.006	Корпус патрона	1	
		8	17.07.ТМ.022.60.007	Корпус	1	
		9	17.07.ТМ.022.60.008	Крышка	1	
		10	17.07.ТМ.022.60.009	Кулачок	3	
		11	17.07.ТМ.022.60.010	Ось	3	
		12	17.07.ТМ.022.60.011	Подкулачник	3	
		13	17.07.ТМ.022.60.012	Поршень	1	
		14	17.07.ТМ.022.60.013	Пробка	1	
		15	17.07.ТМ.022.60.014	Рычаг	3	
				17.07.ТМ.022.60.000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Решенина				Лит.	Лист
Пров.	Вороноев				Д	1
Н. Контр.	Виткалов				Листов	
Утв.	Лозиноев				3	
					ТГУ, ар. ТМБ-1301	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		16	17.07.TM.022.60.015	Сухарь	3	
		17	17.07.TM.022.60.016	Тяга	1	
		18	17.07.TM.022.60.017	Фланец	1	
		19	17.07.TM.022.60.018	Фланец	1	
		20	17.07.TM.022.60.019	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		21		Болт М10-6gx35.66.029		
				ГОСТ 7805-70	6	
				Винты ГОСТ 11738-72		
		22		М8x18.88	3	
		23		М10x20.88	6	
		24		М10x28.88	6	
		25		М20x60.88	4	
		26		Винт М10x23.48		
				ГОСТ 1477-75	3	
		27		Винт М10x16.48		
				ГОСТ 1478-75	3	
		28		Винт М10x12.48		
				ГОСТ 1477-75	1	
		29		Гайка М39.6.05		
				ГОСТ 6393-73	1	
		30		Гайка М16x1,5-6Н.5.029		
				ГОСТ 5927-70	2	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		31		120-180-46-2-4	1	
		32		180-230-46-2-4	1	
		33		300-400-56-2-4	1	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	17.07.TM.022.60.000	
						Лист 2

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		34		320-420-56-2-4	2	
		35		2000-1950-46-2-4	1	
		36		2000-1900-56-2-4	2	
		37		Масленка 1.1.Ц6		
				ГОСТ 19853-74	3	
		38		Шайба 39.01.05		
				ГОСТ 13465-77	1	
				Шайбы ГОСТ 6402-70		
		39		10.5Г.029	10	
		40		12.5Г.029	6	
		41		16.5Г.029	4	
		42		Штифт 8х12		
				ГОСТ 9464-79	1	
						Лист
			17.07.ТМ.022.60.000			3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спецификация, применительно к чертежу мерительного приспособления.

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			17.07.ТМ.022.61.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	17.07.ТМ.022.61.100	Блок индикаторный	1	
		2	17.07.ТМ.022.61.200	Блок индикаторный	1	
		3	17.07.ТМ.022.61.300	Оправка	1	
				<u>Детали</u>		
		4	17.07.ТМ.022.61.001	Ножка	1	
		5	17.07.ТМ.022.61.002	Опора	1	
		6	17.07.ТМ.022.61.003	Основание	1	
		7	17.07.ТМ.022.61.004	Палец	1	
		8	17.07.ТМ.022.61.005	Плита	1	
		9	17.07.ТМ.022.61.006	Стойка	4	
		10	17.07.ТМ.022.61.007	Табличка	1	
		11	17.07.ТМ.022.61.008	Фланец	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-72		
			17.07.ТМ.022.61.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Решенина				Лит.	Лист
Прое.	Бороное					Листов
И. Контр.	Витманов					1
Утв.	Лозиное					2
Приспособление контрольное					ТГУ, ар. ТМ6-1301	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		12		<i>М6х14.88</i>	3	
		13		<i>М6х28.88</i>	4	
		14		<i>М8х15.88</i>	4	
		15		<i>М10х30.88</i>	4	
		16		<i>Винт М4х10.58</i>		
				<i>ГОСТ 17473-80</i>	2	
		17		<i>Шайба 10.65Г.029</i>		
				<i>ГОСТ 6402-70</i>	4	
					<i>17.07.TM.022.61.000</i>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 2	