

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления корпуса кулачкового механизма

Студент(ка)	<u>Ивлиев К. Д.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>Расторгуев Д.А.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>Виткалов В.Г.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Горина Л.Н.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Зубкова Н.В.</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой  
к.т.н, доцент

А.В. Бобровский

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

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

УТВЕРЖДАЮ

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы  
(уровень бакалавра)

направление подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных произ-  
водств»

профиль «Технология машиностроения»

Студент Ивлиев Константин Дмитриевич гр. ТМбз-1132

1. Тема Технологический процесс изготовления корпуса кулачкового механизма.

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

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе 1. Чертеж детали; 2. Годовая программа выпуска - 10000 дет/год; 3. Режим работы – двухсменный.

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

*Титульный лист.*

*Задание. Аннотация. Содержание.*

*Введение, цель работы*

*1) Описание исходных данных*

*2) Технологическая часть работы*

*3) Проектирование станочного и контрольного приспособлений*

*4) Безопасность и экологичность работы*

*5) Экономическая эффективность работы*

*Заключение. Список используемой литературы.*

*Приложения: технологическая документация*

5. Ориентировочный перечень графического материала (6-7 листов формата А1)

- |                               |          |
|-------------------------------|----------|
| 1) Деталь (с изменениями)     | 0,5 – 1  |
| 2) Заготовка                  | 0,25 – 1 |
| 3) План обработки             | 1 – 2    |
| 4) Технологические наладки    | 1 – 2    |
| 5) Приспособление станочное   | 1 – 1,5  |
| 6) Приспособление контрольное | 0,5 – 1  |
| 7) Презентация                | 0,5 – 1  |

6. Консультанты по разделам

---



---



---

7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » марта 2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы	<hr/> (подпись)	<hr/> (И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	<hr/> (подпись)	<hr/> (И.О. Фамилия)

## Аннотация

УДК 621.20.11.01

Ивлиев Константин Дмитриевич

Технологический процесс изготовления корпуса кулачкового механизма.

Тольяттинский государственный университет, 2016 г.

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

Выпускная квалификационная работа (ВКР), уровень бакалавра.

В квалификационной работе разобраны вопросы проектирования технологического процесса изготовления детали «Корпус кулачкового механизма» для условий серийного (средняя серия) типа производства.

Ключевые слова: деталь, заготовка, технологический процесс, план обработки, оборудование, инструмент, приспособления, нормы времени.

ВКР включает в себя пять разделов, введение (сформулирована цель работы) и заключение (где рассмотрены результаты работы, и сделан вывод о достижении цели сформулированной во введении).

В первом разделе работы произведен всесторонний анализ конструкции и технологичности данной детали, проанализирован базовый технологический процесс, определены его недостатки и сформулированы задачи работы, направленные на устранение этих недостатков при проектировании нового технологического процесса.

Во втором разделе работы на основе проведенного анализа, и мероприятий по устранению выявленных недостатков, а также учитывая рекомендации по организации техпроцесса (для средней серии) - проектируем новый технологический процесс изготовления детали. В процессе проектирования производим выбор заготовки, припуски на обработку рассчитываем аналитическим методом, производим расчёт режимов обработки и норм времени на каждую операцию ТП. Оборудование, приспособления и инструмент для данного технологического процесса подобраны высокопроизводительные.

В третьем разделе работы спроектирован патрон цанговый с пневмоприводом для шлифовальной операции и разработано контрольное приспособление для контроля биения с электронными индикаторами TESA DIGICO 11.

Работа включает пояснительную записку -75 страниц, содержащей 20 таблиц, 6 рисунков, и графическую часть, состоящую 7 листов.

## Содержание

Введение, цель работы .....	7
1 Описание исходных данных .....	8
1.1 Анализ служебного назначения детали .....	8
1.2 Анализ технологичности конструкции детали .....	11
1.3 Анализ базового варианта техпроцесса.....	13
1.4 Задачи работы. Пути совершенствования техпроцесса.....	14
2 Технологическая часть работы.....	17
2.1 Выбор типа производства .....	17
2.2 Выбор и проектирование заготовки.....	17
2.3 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки детали .....	25
2.4 Выбор средств технологического оснащения.....	30
2.5 Разработка технологических операций .....	32
3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений.....	48
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	48
3.2 Проектирование контрольного приспособления.....	55
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	49
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	49
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	60
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	61
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно- технологических эксплуатационных и утилизационных процессов) ...	62
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта .....	66
4.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» .....	68

5 Экономическая эффективность работы.....	69
Заключение.....	73
Список используемой литературы.....	74
Приложения.....	75

## Введение, цель работы

Машиностроение является ведущей отраслью экономики, уровень развития машиностроения показывает экономическую мощь страны и ее потенциал. Развитие данной отрасли связано с большой наукоемкостью и технологичностью и требует укрепления науки и образования, современное машиностроение ориентируется на роботизированные производства с минимумом персонала, на который возложены в основном менеджерские и инженерные функции.

Такой подход, к организации производства, дает существенные конкурентные преимущества на рынке готовой продукции, позволяя повысить качество продукции, минимизировав фактор ошибки человека и понизив себестоимость готового изделия.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является разработка оптимального технологического процесса изготовления детали «Корпус кулачкового механизма», повышение ее эксплуатационных качеств, при сниженной себестоимости ее изготовления в заданном объеме, с применением последних разработок в области технологии машиностроения.

# 1 Описание исходных данных

## 1.1 Анализ служебного назначения детали

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

Деталь «Корпус» предназначена для установки сопрягаемых деталей и передачи вращающего момента, устанавливается в кулачковом механизме обгонной муфты.

Фрагмент узла, в котором работает деталь, представлен на рисунке 1.1.

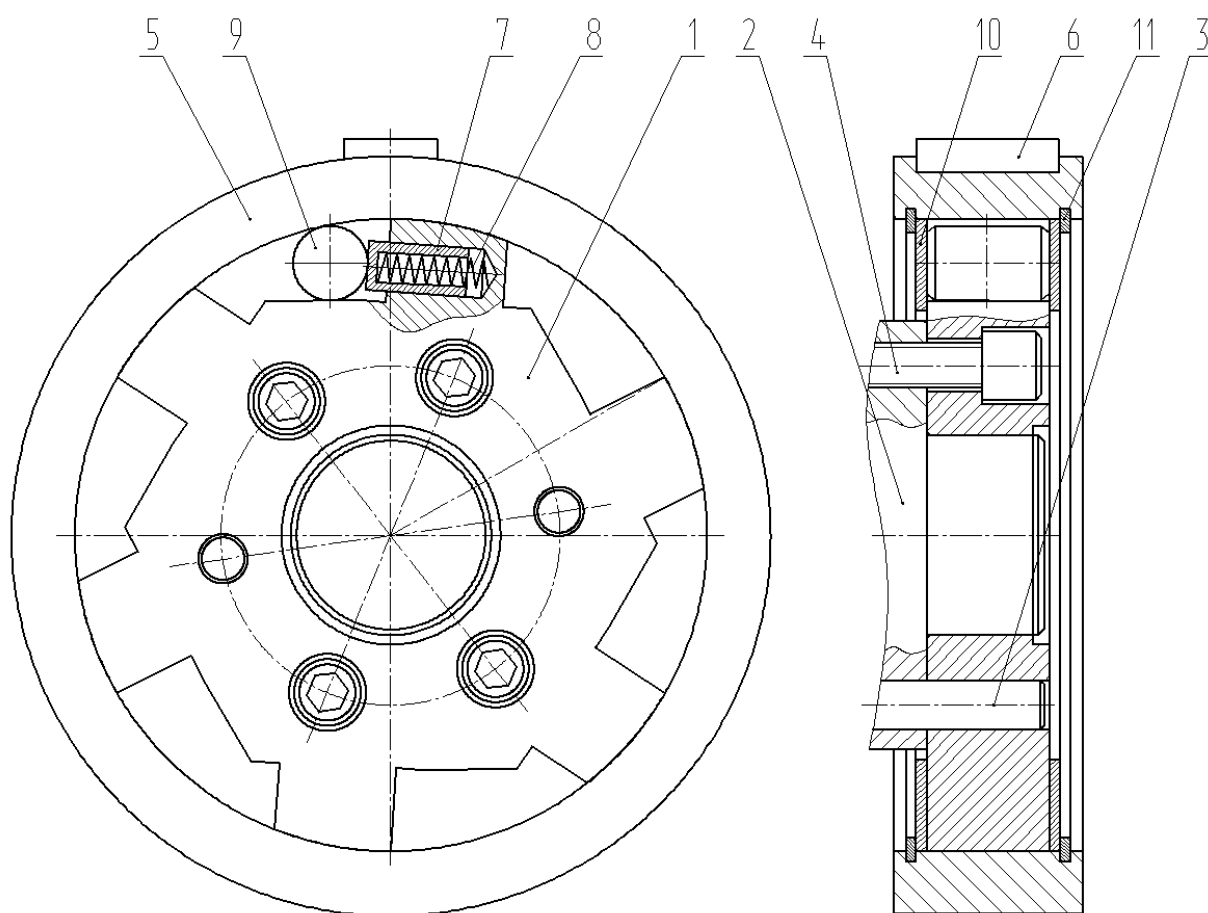


Рисунок 1.1 - Фрагмент узла кулачкового механизма обгонной муфты

Корпус 1 (рисунок 1.1) устанавливается на валу 2 с упором в торец с центровкой с помощью штифтов 3 и фиксацией с помощью винтов 4.

Корпус входит в отверстие сопряженной полумуфты 5, которая, в свою оче-



редь, устанавливается в отверстие рабочего механизма и передает вращение с помощью шпонки 6.

В отверстиях корпуса 1 устанавливаются толкатели 7 с пружинами 8, которые упираются в ролики 9. С торцов ролики 9 удерживаются пластинами 10, которые крепятся стопорными кольцами 11.

Принцип работы узла: для быстрого включения муфты ролики 9 отжимаются пружинами 8. При передаче вращающего момента ролики заклиниваются между полумуфтами в суживающейся части выреза, образуя жесткое сцепление. Если по какой-либо причине угловая скорость ведомого механизма превысит угловую скорость ведущего вала 2, то вследствие обгона ролики расклинятся, выкатятся в расширенную часть выреза и муфта автоматически выключится. При останове ведущего вала ведомый механизм продолжает вращаться.

### 1.1.2 Анализ материала детали

Корпус кулачкового механизма имеет высокие требования к материалу и точности изготовления.

Материал детали: сталь ШХ15 по ГОСТ 801-78.

Сталь ШХ15 – сталь конструкционная подшипниковая.

В таблице 1.1 и 1.2 приведен химический состав и физико-механические свойства стали ШХ15.

Таблица 1.1 - Химический состав стали ШХ15

В процентах

Элемент	С	S	P	Cu	Ni	Mn	Cr	Si
		Не более						
Содержание	0,95-1,05	0,02	0,027	0,25	0,3	0,2-0,4	1,3-1,65	0,17-0,37

Таблица 1.2 - Физико-механические свойства стали ШХ15

Состояние поставки. Режим термообработки	$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ	НВ
	МПа	МПа	%	%	Дж/см <sup>2</sup>	Не более
Отжиг, закалка	370-410	590-730	15-25	35-55	44	179-207
Закалка, отпуск	-	1670	-	-	5	-

Анализируя химический состав и механические свойства стали ШХ15, видим, что параметры стали полностью соответствуют служебному назначению изготавливаемой из нее детали.

### 1.1.3 Классификация поверхностей детали по служебному назначению

Проведём классификацию всех поверхностей детали (рисунок 1.2), результаты сведём в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 - Систематизация поверхностей детали

Вид	Номера поверхностей
Исполнительные поверхности	7,15
База: основная конструкторская	1,6
База: вспомогательная конструкторская	2,9,10,12
Свободные поверхности	Остальные

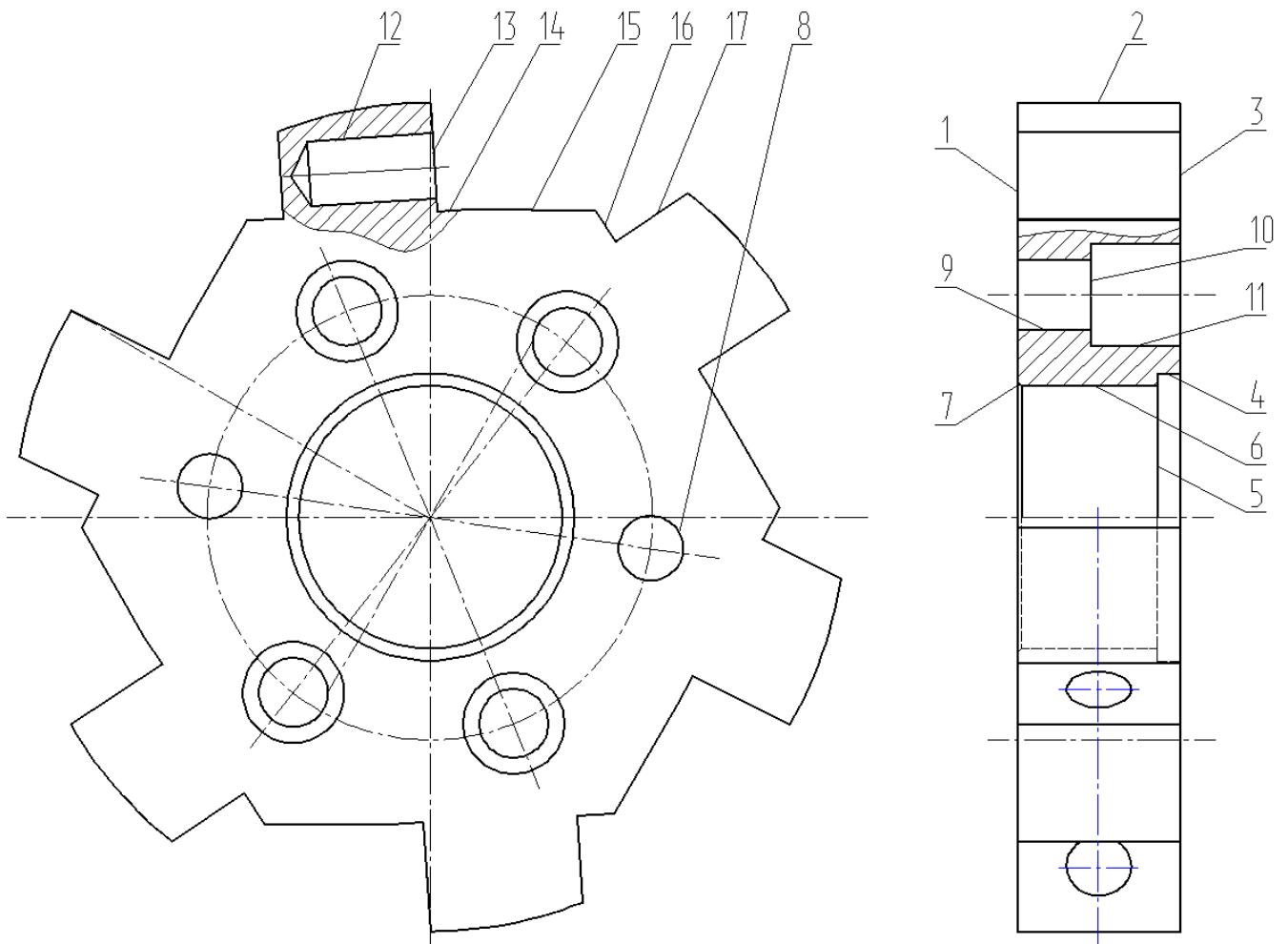


Рисунок 1.2 - Систематизация поверхн. детали «Корпус кулачкового механизма»

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

### 1.2.1 Определение коэф-та унификации поверхностей:

$$K_y = n_y / \Sigma n, \quad (1.1)$$

где  $n_y$  - число унифицированных поверхн.;

$\Sigma n$  - сумма всех поверхн..

$$K_y = 1$$

1.2.2 Определим коэф-т шероховатости поверхностей:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.2)$$

где  $B_{cp}$ - среднее численное значение параметра шероховатости;

$$B_{cp} = \frac{B_{ni}}{\sum n_i}, \quad (1.3)$$

где  $B_{ni}$  – числовое значение параметра шероховатости;

$\sum n_i$  – число поверхн. шероховатости.

Подставив значения, с чертежа детали в формулу (1.3) и (1.2) получим:

$$B_{cp} = (4 \cdot 0,8 + 1 \cdot 1,6 + 1 \cdot 3,2 + 11 \cdot 6,3) / 17 = 4,55 \text{ мкм};$$

$$K_{ш} = 1 / 4,55 = 0,22.$$

Следовательно, деталь технологична по данному показателю, т.к  $K_{ш} < 0,32$ .

1.2.3 Коэф-т точности, определяем по формуле:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (1.4)$$

где  $A_{cp}$  - средняя точность детали:

$$A_{cp} = \frac{A_{ni}}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

где  $A_{ni}$  – числовое значение точности;

$\sum n_i$  – число поверхн. данной точности.

Подставим определенные значения, в формулу (1.5) и (1.4), получим:

$$A_{cp} = (2 \cdot 7 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 9 + 1 \cdot 11 + 10 \cdot 14) / 17 = 11,7;$$

$$K_T = 1 - 1 / 11,7 = 0,91.$$

Следовательно, т.к.  $K_T > 0,8$ , то по данному показателю деталь технологична.

Точность поверхностей детали соответствует ее служебному назначению.

### 1.3 Анализ базового варианта техпроцесса

Главная задача анализа базового технологического процесса, выявить узкие места, устранение которых будет содействовать достижению цели работы (повышению производительности и качества продукции, а также снижению ее себестоимости).

#### 1.3.1 Технологический маршрут базового техпроцесса

Последовательность и содержание операций базового техпроцесса рассмотрены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Характеристика базового техпроцесса

Операция		Средства технического оснащения			Тшт, мин
№оп	Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Инструмент (материал режущей части)	
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная				
005	Отрезная				
010	Токарная черновая	16К20	Патрон 3-хкулач.	Резец проход.Т5К10 Резец подрез.Т5К10 Сверло спирал.Р6М5 Резец расточ.Т5К10	1,5
015	Токарная чистовая	16К20	Патрон 3-хкулач.	Резец проход.Т15К6 Резец подрез.Т15К6 Резец расточ.Т15К6	0,85
020	Слесарная (разметочная)				0,16
025	Фрезерная	6Р11	Тиски машин.	Фреза конц.Р6М5	0,45
030	Сверлильная	2Р135	Тиски машин.	Сверло спир.Р6М5 ЦековкаР6М5	0,25
035	Сверлильная	2Р135	Тиски машин.	Сверло центров.Р6М5 Сверло спирал.Р6М5 ЗенкерР6М5 РазверткаР6М5	0,45

#### Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
040	Слесарная	Верстак		Напильник	0,15
045	Термическая				
050	Круглошлифовальная	3М151	Патрон цангов.	Шлиф.круг	0,28
055	Внутришлифовальная	3К228В	Патрон мембран.	Шлиф.круг	0,25
060	Координатно-шлифовальная	3Б282	Приспособление спец.	Шлиф.круг	0,82
065	Моечная				
070	Контрольная				

### 1.4 Задачи выпускной квалификационной работы. Пути совершенствования техпроцесса

#### 1.4.1 Недостатки базового технологического процесса

Факторы мешающие росту производительности и снижению себестоимости в базовом технологическом процессе:

- неоптимальное универсальное оборудование, инструмент, универсальные станочные приспособления;
- повышенное штучно-калькуляционное время на токарных операциях вследствие завышенного припуска, низких режимов резания, старого оборудования, применения в качестве заготовки прутка;
- большое время тратится на слесар. операцию по разметке отверстий и пазов, и на слесар. Операцию по удалению заусенцев;
- неоптимальная структура операций;
- завышенное штучное время на операциях вследствие применения универсальной оснастки с ручным зажимом, низкопроизводительного универсального инструмента и неоптимальных режимов резания на фрезерных, сверлильных операциях;

- большое время контроля на контрольных операциях вследствие несовершенства контрольных инструментов.

Вывод: Применяемое оборудование и оснастка недостаточно производительны в условиях среднесерийного производства.

#### 1.4.2 Задачи ВКР. Пути совершенствования техпроцесса

Проведя анализ базового техпроцесса и учитывая его недостатки, сформулируем задачи ВКР и пути совершенствования технологического процесса:

- выбрать оптимальный метод получения заготовки, припуски на обработку рассчитать аналитическим методом и спроектировать заготовку, полученную штамповкой;

- для условий среднесерийного типа производства использовать оптимальные высокопроизводительные станки, в основном с ЧПУ или полуавтоматы, исходя из габаритов и массы детали;

- оптимизировать структуру фрезерных и сверлильных переходов. Вместо фрезерной и двух сверлильных операций применим вертикально-фрезерную с ЧПУ на станке S500 с поворотным столом, на которой также будем обрабатывать все отверстия;

- на всех операциях оптимизировать структуру с целью максимальной концентрации переходов, снижения трудоемкости и себестоимости;

- применить вместо ручной слесарной операции электрохимическую, это существенно снизит штучное время на операцию;

- при применении станков с ЧПУ разметочные операции исключаются;

- применить высокопроизводительную оснастку с гидроприводом и пневмоприводом.;

- спроектировать оснастку на круглошлифовальную операцию;

- применить высокопроизводительные контрольные приспособления и инструменты с высокоточными электронными индикаторами, спроектировать контрольное приспособление;

- применить на операциях ТП высокопроизводительный комбинированный инструмент с износостойкими покрытиями, дающий наивысшие показатели точ-

ности и производительности;

- определить возможность возникновения опасных и вредных факторов охраны труда;

- определить экономический эффект от внесенных в ТП изменений.

Поставленные задачи реализуем в последующих разделах работы.



## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Выбор типа производства

Тип производства определим упрощенно по [9, с. 24, табл. 31]: при массе детали 5,5 кг и годовой программе выпуска  $N_{г} = 10000$  шт: тип производства – среднесерийное.

Тогда, форма организации техпроцесса поточная или переменнo- поточная. Оборудование используем- универсальное и специальное, станки-автоматы, механизированную оснастку, специальный режущий и мерительный инструмент, оборудование размещать по ходу технологического процесса.

### 2.2 Выбор и проектирование заготовки

#### 2.2.1 Выбор вариантов исходной заготовки

Исходя из физико-технологических свойств стали ШХ15 конфигурации и размеров детали в качестве заготовки может быть использована:

- поковка или штамповка;
- прокат.

Определим параметры исходных заготовок.

Масса штамповки  $M_{ш}$ , кг, ориентировочно определяется по формуле [8, с. 23]:

$$M_{ш} = M_{д} \cdot K_{р}, \quad (2.1)$$

где  $M_{д}$  – масса детали, кг;

$K_{р}$  – расчетный коэф-т, зависящий от формы детали и устанавливаемый по [8, с. 23]. Для данной детали примем  $K_{р} = 2$

Подставим имеющиеся данные в формулу (2.1), получим:

$$M_{ш} = 5.5 \cdot 2 = 11.0 \text{ кг.}$$

По ГОСТ 7505-89 [5] определим основные параметры заготовки:

- штамповочное оборудование: КГШП;
- нагрев заготовки: индукционный;
- класс точности – Т3 [8, с.28];
- группа стали – М2 [8, с.8];
- степень сложности – С3 [8, с. 29].

Определим массу заготовки из проката  $M_{\text{пр}}$ , кг по формуле:

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

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

$\rho$ - плотность стали,  $\text{кг}/\text{мм}^3$ .

Форма заготовки из проката для детали – есть цилиндрическое тело вращения, с диаметром  $d_{\text{пр}}$ , мм и длиной  $l_{\text{пр}}$ , мм, вычисляем их по формулам [10, с. 23]:

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

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

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

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

Подставим исходные данные в формулу (2.3) и (2.4), получим:

$$d_{\text{пр}} = 205 \cdot 1,05 = 215.3 \text{ мм.}$$

$$l_{\text{пр}} = 40 \cdot 1,05 = 42.0 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартное большее значение:  $d_{\text{пр}} = 220$  мм и  $l_{\text{пр}} = 42$  мм.

Объем цилиндрических элементов заготовок  $V$ ,  $\text{мм}^3$ , определяется по формуле [10, с. 24]:

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot l / 4, \quad (2.5)$$

где  $d$ - диаметр, мм и  $l$ -длина, мм., каждого элемента.

Произведем расчет объема заготовки, подставив определенные значения в формулу (2.5):

$$V = 3,14 \cdot 220^2 \cdot 42 / 4 = 1595748 \text{ мм}^3$$

Тогда масса заготовки из круглого проката определим, подставив значения в формулу (2.2):

$$M_{\text{пр}} = 1595748 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 12,53 \text{ кг.}$$

По рассчитанным данным выбираем размер проката обычной точности по ГОСТ 2590-2006, принимаем: Круг  $\frac{220 - \text{В} - \text{ГОСТ } 2590 - 2006}{\text{ШХ15} - \text{ГОСТ } 801 - 78}$ .

### 2.2.2 Техничко-экономическое обоснование оптимального варианта заготовки

На основании экономического расчета определим какой из методов получения заготовки будет оптимальным. За критерий оптимальности примем: минимальную величину стоимости изготовления детали  $C_{\text{д}}$ , руб, которая определяется по формуле [10, с. 24]:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{з}} + C_{\text{мо}} - C_{\text{отх}}, \quad (2.6)$$

где  $C_{\text{з}}$  – стоимость исходной заготовки, руб;

$C_{\text{мо}}$  – стоимость дополнительной мехобработки, руб;

$C_{\text{отх}}$  – стоимость стружки при мехобработки, руб.

### 2.2.2.1 Стоимость заготовки полученной горячей штамповкой

Стоимость заготовки определяется по формуле [10, с. 24]:

$$C_3 = C_6 \cdot M_{ш} \cdot K_T \cdot K_{сл} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{п}, \quad (2.7)$$

где  $C_6$  – базовая стоимость 1 кг заготовки, руб/кг;  $C_6 = 11,2$  руб/кг [10, с. 23];

$M_{ш}$  – ориентировочная масса штамповки, кг;

$K_T$  – коэф-т, зависящий от класса точности штамповки, для класса точности Т3 –  $K_T = 1.0$  [10, с. 24];

$K_{сл}$  – коэф-т, зависящий от степени сложности штамповки, для степени сложности С3 –  $K_{сл} = 1.0$  [10, с. 24];

$K_B$  – коэф-т, учитывающий массу заготовки,  $K_B = 0.79$  [10, с. 24];

$K_M$  – коэф-т, зависящий от материала, для стали ШХ15,  $K_M = 1.3$  [10, с. 24];

$K_{п}$  – коэф-т, учитывающий серийность производства, для среднесерийного производства  $K_{п} = 1,0$  [10, с. 24].

Подставим определенные значения коэф-тов в формулу, получим:

$$C_3 = 11,2 \cdot 11,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,79 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 126,53 \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки штамповки  $C_{мо}$ , руб, определяется по формуле:

$$C_{мо} = (M_{ш} - M_{д}) \cdot C_{уд}, \quad (2.8)$$

где  $C_{уд}$  – удельные затраты на съем 1 кг материала, руб/кг.

Удельные затраты при механической обработке резанием  $C_{уд}$ , руб, определяются по формуле:

$$C_{уд} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (2.9)$$

где  $C_c$  – текущие затраты,  $C_c = 14,8$  руб/кг [10, с. 25];

$C_k$  – капитальные затраты,  $C_k = 32,5$  руб/кг [10, с. 25];

$E_n$  – нормативный коэф-т эффективности капитальных вложений  
( $E = 0,1 \dots 0,2$ ), для машиностроения принимает  $E_n = 0,16$ .

Тогда, подставив определенные значения в формулу (2.8), получим:

$$C_{MO} = (11.0 - 5.5) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 110.00 \text{ руб.}$$

Стоимость отходов  $C_{отх}$ , руб, является возвратной величиной и вычисляется:

$$C_{отх} = (M_{ш} - M_d) \cdot C_{отх}, \quad (2.10)$$

где  $C_{отх}$  – цена отходов (стружки), принимаем  $C_{отх} = 0.4$  руб/кг [10, с. 25].

Тогда, вычислим  $C_{отх}$  и  $C_d$  подставив значения в формулы (2.10) и (2.6):

$$C_{отх} = (11.0 - 5.5) \cdot 0.4 = 2.20 \text{ руб.}$$

$$C_d = 126.53 + 110.0 - 2.20 = 234.33 \text{ руб.}$$

### 2.2.2.1 Стоимость заготовки полученной из проката

Стоимость заготовки из сортового проката определяется по формуле [10, с. 26]:

$$C_{пр} = C_{мпр} \cdot M_{пр} + C_{оз}, \quad (2.11)$$

где  $C_{мпр}$  – стоимость материала 1 кг проката в руб/кг;  $C_{мпр} = 13$  руб/кг

$C_{оз}$  – стоимость отрезки заготовки из проката, руб., вычисляется по формуле:

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

где  $C_{пз}$  – приведенные затраты на рабочем месте, руб/ч;  $C_{пз} = 30,2$  руб/ч [10, с. 26];

$C_{оз}$  – стоимость отрезки заготовки из проката, руб.

Ориентировочное штучное время  $T_{шт}$ , мин, определяем по формуле [10, с. 26]:

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

где  $T_o$  – основное технологическое время, мин;  
 $\varphi_k$  – коэф-т, учитывающий характер производства.

Для расчетов на этапе выбора заготовки можно принять  $\varphi_k = 1,5$ , а основное время для отрезных станков  $T_o$ , мин, определяется по формуле [10, с. 27]:

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

где  $d_{пр}$  – диаметр проката, мм.

Тогда, подставив данные в формулы (2.14), (2.13) и (2.12), получим:

$$T_o = 0,19 \cdot 220^2 \cdot 10^{-3} = 9.20 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 9.20 \cdot 1,5 = 13.79 \text{ мин.}$$

$$C_{оз} = 30,2 \cdot 13.79 / 60 = 6.94 \text{ руб.}$$

Подставим определенные данные в формулы (2.11), получим:

$$C_{пр} = 13 \cdot 12.53 + 6.94 = 169.79 \text{ руб.}$$

Стоимость механической обработки составит (2.8):

$$C_{мо} = (12.53 - 5.5) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 140.53 \text{ руб.}$$

Стоимость отходов, по формуле (2.10) составит:

$$C_{отх} = (12.53 - 5.5) \cdot 0.40 = 2.81 \text{ руб.}$$

Тогда, минимальную величину стоимости изготовления детали  $C_d$  составит:

$$C_d = 169.79 + 140.53 - 2.81 = 307.51 \text{ руб.}$$

### 2.2.3 Сравнение вариантов исходных заготовок

Коэф-т использования материала  $K_{им}$  вычисляем по формуле [10, с. 28]:

$$K_{им} = M_d / M_з \quad (2.15)$$

Тогда, подставив данные в формулу (2.15):

$$\text{для штамповки: } K_{им} = 5.50 / 11.00 = 0.50;$$

для проката:  $K_{им} = 5.50/12.53 = 0.44$ .

На основании расчета оптимальным является вариант получения заготовки полученной штамповкой.

Годовой экономический эффект,  $\mathcal{E}_г$ , руб, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_г = (C_{д пр} - C_{д шт}) \cdot N_г, \quad (2.16)$$

где  $N_г$  - годовая программа выпуска,  $N_г = 10000$  шт/год.

Таким образом:  $\mathcal{E}_г = (307.51 - 234.33) \cdot 10000 = 731845$  руб.

#### 2.2.4 Проектирование и расчет штампованной заготовки

Основные параметры заготовки принимаем по [8]:

- штамповочное оборудование: КГШП.
- нагрев заготовки: индукционный.
- класс точности – Т3 [8, с.28]
- группа стали – М2 [8, с.8]
- степень сложности – С3 [8, с. 29]
- конфигурация поверхности разъема штампа - П (плоская) [8, с.8]
- исходный индекс 13 [8, с.10]
- припуски и допуски на заготовку принимаем по [8, с. 12].
- штамповочный уклон составляет не более  $5^\circ$ , радиусы закругления наружных углов R3 мм, величина остаточного облоя 0,9 мм, смещение по поверхности разъема штампа 0,7 мм [8, с. 18-20].
- величина заусенца 5,0 мм, шероховатость поверхности заготовки – Ra 40 мкм [8, с. 21].

Эскиз заготовки представлен на рисунке 2.1

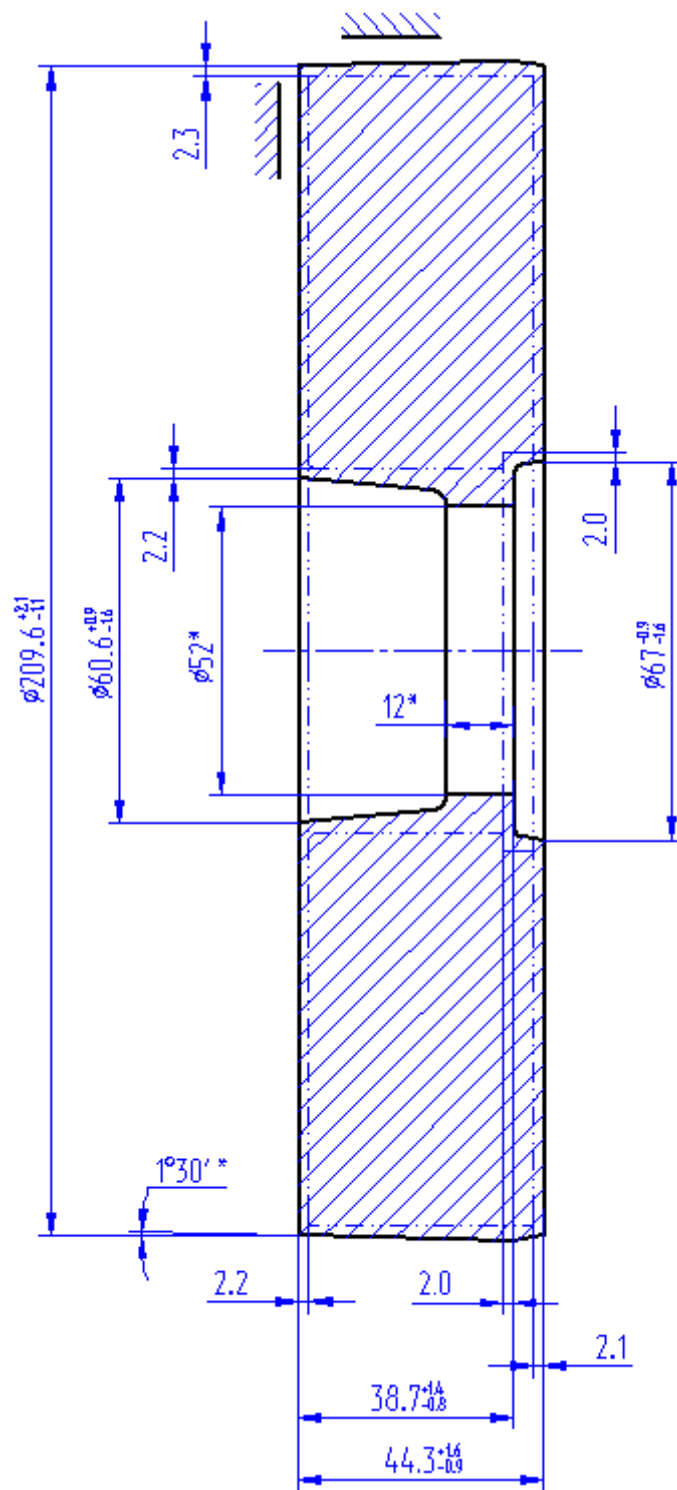


Рисунок 1.1 – Эскиз заготовки

Определим уточненный объем заготовки: для этого разобьем заготовку на элементарные части, радиусами, фасками, штамповочными уклонами пренебрегаем.



Объем цилиндрических элементов заготовок определяется по формуле (2.5):

$$V = 3,14/4 \cdot (209,6^2 \cdot 44,3 - 60,6^2 \cdot 26,7 - 52^2 \cdot 12 - 67^2 \cdot 5,6) = 1406258 \text{ мм}^3.$$

Масса штамповки  $M_3$ , кг определяется по формуле (2.2):

$$M_3 = 1406258 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 11,04 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования металла определяется по формуле (2.15), тогда:

$$\text{КИМ} = 5,50/11,04 = 0,50.$$

### 2.3 Выбор технологических баз. Технологический маршрут и план обработки детали

#### 2.3.1 Разработка схем базирования

В качестве баз при токарных операциях при обработке правого конца возможно использовать наружную поверхность 2 и торец пов. 3, при обработке левого конца – отв., пов. 6 и торец пов. 1.

При фрезерной обработке базами являются отв. 6 и торец 1

При координатно-шлифовальной операции базами являются отв. 6 и торец 1

При внутришлифовальной обработке базами являются пов. 2 и торец 3.

При круглошлифовальной обработке базы – отв. 6 и торец 1.

Обозначения принятых баз в теоретических схемах базирования на различных операциях техпроцесса изготовления корпуса кулачкового механизма приведены в плане обработки.

#### 2.3.2 Выбор методов обработки поверхностей

Результаты выбора методов обработки корпуса приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1- Методы обработки поверхностей

Номер поверхности	Вид поверхности	Операционные размеры		Точность поверхности				Шероховатость Ra, мкм	Твердость HRC	Технологический маршрут	Коэф-т трудоемкости
				Размеры, мм		Формы	Расположения				
				d	l						
1	Плоск	205/65	70	9	14	-	-	1,6	61	Тчер(13)+Тчист(10)+ТО+Шчист(9)	3,4
2	Цил	205e7	40	7	14	-	-	3,2	61	Тчер(13)+Тчист(10)+ТО+Шчист(7)	3,4
3	Плоск	205/71	67	11	14	-	-	6,3	61	Тчер(13)+Тчист(10)+ТО	2,2
4	Цил	71	5,5	14	14	-	-	6,3	61	Рчер(13)+Рчист(10)+ТО	2,4
5	Плоск	71/65	3	14	14	-	-	6,3	61	Рчер(13)+Рчист(10)+ТО	2,4
6	Цил	65H7	34,5	7	14	-	-	0,8	61	Рчер(13)+Рчист(10)+Шчерн(8)+ТО+Шчист(7)	8,0
7	Конич	1x45°	1	14	14	-	-	6,3	61	Рчист(11)+ТО	1,4
8	Цил	16H8	40	8	14	-	-	0,8	61	С(13)+Рчист(9)+ТО+Шчист(8)	5,4
9	Цил	17	18	14	14	-	-	6,3	61	С(13)+ТО	1,2
10	Плоск	25/17	4	14	14	-	-	6,3	61	С(13)+ТО	1,2
11	Цил	25	22	14	14	-	-	6,3	61	С(13)+ТО	1,2
12	Цил	16H8	40	8	14	-	-	0,8	61	С(13)+Рчист(9)+ТО+Шчист(8)	5,4
13	Плоск	27x40	40	14	14	-	-	6,3	61	Фчист(13)+ТО	1,2
14	Плоск	8x40	40	14	14	-	-	6,3	61	Фчист(13)+ТО	1,2
15	Плоск	31x40	40	9	14	-	-	6,3	61	Фчист(11)+ТО+ Шчист(9)	3,0
16	Плоск	9x40	40	14	14	-	-	6,3	61	Фчист(13)+ТО	1,2
17	Плоск	21x40	40	14	14	-	-	6,3	61	Фчист(13)+ТО	1,2

В таблице применены следующие обозначения:

Т <sub>чер</sub> - обтачивание черновое,	Т <sub>чист</sub> - обтачивание чистовое,
Р <sub>черн</sub> - растачивание черновое,	Р <sub>чист</sub> - растачивание чистовое,
Ш <sub>чер</sub> - шлифование черновое,	Ш <sub>чист</sub> - шлифование чистовое,
С - сверление,	Ф <sub>чист</sub> – фрезерование чистовое,
ТО - термообработка	

Методы обработки и их последовательность приведенные в таблице 2.1 обеспечивают обработку детали с заданным качеством, в необходимом объеме.

### 2.3.3 Разработка технологического маршрута изготовления детали

На основе анализа базового технологического процесса, представленного в таблице 1.4, спроектируем новый технологический маршрут для определенного типа производства (среднесерийного).

Токарная черновая и чистовая обработка будет производиться на токарных станках с ЧПУ.

Далее подготовка баз для последующих фрезерных и сверлильных операций – получистовая обработка посадочного отверстия, пов. 6., будем производить внутренним шлифованием. В качестве альтернативных вариантов возможно тонкое растачивание, но оно менее эффективно из-за гораздо большего штучного времени и сложности получения стабильных размеров по 8 качеству. Протягивание применять не целесообразно из-за большого диаметра и малой длины отверстия.

Фрезерную обработку проводим на многоцелевом вертикальном станке с ЧПУ S500, производства ОАО «Стерлитамак-М.Т.Е.» Станок оснащен 2-х осевым наклонно-поворотным столом. Таким образом, отверстия, пов. 8,9,10,11 будут обработаны с одного установка, что существенно повысит точность обработки, снизит штучное время и себестоимость операции.

На слесарной операции производится удаление заусенцев электрохимическим методом.

Затем окончательные шлифовальные операции – шлифование наружной поверхности, отверстия с торцем – выполняются на универсально-шлифовальных полуавтоматах.

Координатно-шлифовальная операция выполняется на станке 3284СФ4, оснащенным 2-х осевым наклонно-поворотным столом, что позволяет произвести обработку всех поверхн. за один установ.

Произведем описание технологического маршрута обработки детали по каждой операции с описанием номера и наименования операции, применяемого оборудования и содержания операции. Технологический маршрут обработки заносим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2- Технологический маршрут обработки корпуса кулачкового механизма

№ оп	Наименование операции	Оборудование	Содержание операции
1	2	3	4
000	Заготовительная	КГШП	Штамповать заготовку
005	Токарная (черновая)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Установить, снять заготовку Точить поверхность 3 начерно Расточить отв. 4-6 начерно
010	Токарная (черновая)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Установить, снять заготовку Точить поверхности 1,2 начерно
015	Токарная (чистовая)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Установить, снять заготовку Точить поверхность 3 начисто Расточить отв. 4-6 начисто
020	Токарная (чистовая)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Установить, снять заготовку Точить поверхность 1,2, фаску 7 начисто
025	Внутришлифовальная (черновая)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В	Установить, снять заготовку Шлифовать отв. 6 начерно
030	Фрезерная	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Установить, снять заготовку Сверлить отв. 9-11 начисто Сверлить отв. 8 начерно Расточить отв. 8 начисто Поворот стола на 90° в горизонтальную плоскость Фрезеровать пов. 13-17 начисто

## Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
			Фрезеровать пов. 15 тонко Сверлить отв. 12 начерно Расточить отв. 12 начисто
035	Слесарная	Электрохимический станок 4407	Электрохимическое снятие заусенцев
040	Моечная	Камерная моечная машина	Промыть, обдуть горячим воздухом
045	Контрольная	Контрольный стол	Предварительно контролировать основные параметры
050	Термическая		Закалка, низкий отпуск
055	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный п/а КШ-3	Установить, снять заготовку Шлифовать пов. 2 начисто
060	Внутришлифовальная (чистовая)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В	Установить, снять заготовку Шлифовать отв. 6 начисто Шлифовать торец 1 начисто
065	Координатно-шлифовальная	Координатно-шлифовальный станок с ЧПУ 3284СФ4	Установить, снять заготовку Шлифовать пов. 8 начисто Поворот стола на 90° в горизонтальную плоскость Шлифовать отв., пов. 12 начисто Шлифовать пов. 15 начисто
070	Моечная	Камерная моечная машина	Промыть, обдуть горячим воздухом
075	Контрольная		Окончательно контролировать основные параметры

### 2.3.4 План обработки детали

Произведем разработку план обработки детали "Корпус кулачкового механизма", в котором воспроизводим графическое содержание технологического процесса изготовления детали.

План обработки детали "Корпус кулачкового механизма" представлен в графической части данной работы.

## 2.4 Выбор средств технологического оснащения

Правильный выбор оборудования, приспособлений и инструмента, есть залог выполнения требований предъявляемых к качеству детали и снижение затрат при ее изготовлении.

Результаты выбора представляем в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Выбор оборудования и технологической оснастки

№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Технологическая оснастка		
			Станочное приспособление	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
1	2	3	4	5	6
005 010	Токарная (черновая)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	<p>Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина 3хгранная, Т5К10 <math>\varphi=97^\circ</math>, <math>\varphi_1=8^\circ</math>, <math>\lambda=0</math> <math>\alpha=11^\circ</math> <math>h=25</math> <math>b=25</math> <math>L=125</math> ОСТ 2И.101-83</p> <p>Резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина ромбическая, Т5К10 <math>\varphi=97^\circ</math>, <math>\lambda=0</math> <math>\alpha=11^\circ</math> <math>h=16</math> <math>b=16</math> <math>L=125</math> ОСТ 2И.101-83</p>	<p>Калибр-скоба ГОСТ 18355-73</p> <p>Шаблон ГОСТ 2534-79</p> <p>Калибр-пробка ГОСТ14827-69</p>
015 020	Токарная (чистовая)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	<p>Резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин. Пластина ромбическая, Т15К6 <math>\varphi=93^\circ</math>, <math>\varphi_1=27^\circ</math>, <math>\lambda=-2^\circ</math> <math>\alpha=11^\circ</math> <math>h=25</math> <math>b=25</math> <math>L=125</math> ОСТ 2И.101-83</p> <p>Резец токарный расточной сборный с механическим</p>	<p>Калибр-скоба ГОСТ 18355-73</p> <p>Шаблон ГОСТ 2534-79</p> <p>Калибр-пробка ГОСТ14827-69</p>

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
				креплением твердосплавных пластин. Пластина 3х гранная, Т15К6 $\varphi=97^\circ$ , $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ h=16 b=16 L=125 ОСТ 2И.101-83	
025	Внутришлифовальная (черновая)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В	Патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76	Шлифовальный круг 5 50х30х15 91А F36 Р 4 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69 Шаблон ГОСТ 2534-79
030	Фрезерная	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Приспособление специальное самоцентрирующее с пневмоприводом ГОСТ 12195-66 Стол поворотный со станком	Фреза дисковая пазовая $\varnothing 125$ Z=22 В=25 Р6М5К5 ГОСТ 3964-69 Сверло спиральное комбинированное $\varnothing 17/25$ ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5 Сверло спиральное с коническим хвостовиком $\varnothing 15$ ГОСТ 10903-77 Р6М5К5 Резец расточной $\varnothing 15,8$ . Пластина Т15К6	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-пробка ГОСТ14827-69
035	Слесарная	Электрохимический станок 4407			
040 070	Моечная	Камерная моечная машина			
055	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный п/а КШ-3	Патрон цанговый ГОСТ 17200-71	Шлифовальный круг 1 450х30х203, 91А F60 L 6 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Шаблон ГОСТ 2534-79 Калибр-скоба ГОСТ 18355-73 Приспособление мерительное с индикатором

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
060	Внутришлифовальная (чистовая)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К227В	Патрон мембранный самоцентрирующий ОСТ 3-3443-76	Шлифовальный круг 5 50x30x15 91А F60 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлифовальный круг 6 60x30x20 91А F60 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69 Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором
065	Координатношлифовальная	Координатношлифовальный станок с ЧПУ 3284СФ4	Приспособление специальное самоцентрирующее с пневмоприводом ГОСТ 12195-66 Стол поворотный со станком	Шлифовальный круг 5 10x15x5 91А F90 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007 Шлифовальный круг 6 30x20x10 91А F90 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	Калибр-пробка ГОСТ 14807-69 Шаблон ГОСТ 2534-79 Приспособление мерительное с индикатором

## 2.5 Разработка технологических операций

### 2.5.1 Расчет промежуточных припусков и операционных размеров

#### 2.5.1.1 Расчет промежуточных припусков аналитическим методом

Расчёт припуска будем вести на  $\varnothing 205e7 \begin{matrix} 0.110 \\ 0.182 \end{matrix}$ .

Последовательность обработки данной поверхности, установка ее приведены в таблице 2.4.



Таблица 2.4

№	Методы обработки поверхности	Установка заготовки
1	Точение черновое	В патроне трехкулачковом
2	Точение чистовое	В патроне трехкулачковом
4	Шлифование чистовое	В цанговом самоцентрирующем патроне

Расчет припусков по переходам.

Данные исходных значений допусков, элементов припуска и расчетов припуска приведены в таблице 2.5

Таблица 2.5- Расчет припуска

Размеры в миллиметрах

№ пер	Технологический переход	Элементы припускам				2Z min	Операц допуск Td/IT	Предельные размеры		Предельные припуски	
		Rz <sup>i-1</sup>	h <sup>i-1</sup>	ρ <sup>i-1</sup>	ε <sub>уст</sub> <sup>i-1</sup>			d <sup>i</sup> max	d <sup>i</sup> min	2Z max	2Z min
1	Штамповать	0.160	0.200	0.972	-	-	3.20	211.513	208.313	-	-
							T3				
2	Точить начерно	0.050	0.050	0.058	0.440	2.854	0.72	206.179	205.459	5.334	2.854
							h13				
3	Точить начисто	0.025	0.025	0.039	0.090	0.414	0.185	205.230	205.045	0.949	0.414
							h10				
4	Шлифовать начисто	0.010	0.015	0.019	0.050	0.227	0.072	204.890	204.818	0.340	0.227
							e7				

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

Определим элементы припуска Δ<sub>0</sub> и ε<sub>уст</sub>

Суммарные отклонения ρ<sub>0</sub>, мм, определяется по формуле [3, с. 65]:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{CM}^2 + \rho_{КОР}^2 + \rho_{Ц}^2}, \quad (2.17)$$

где ρ<sub>ом</sub> = 0.7 мм – погрешность смещения разъема штампов.

Погрешность  $\rho_{\text{кор, мм}}$ , заготовки определяется по формуле [5, с. 65]:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L = 0,001 \cdot 40 = 0.04 \text{ мм}, \quad (2.18)$$

где  $L$ - расстояние до места расчета погрешности коробления, мм;

$\Delta_{\text{к}}$  – удельное коробление, мкм/мм.

Величина  $\rho_{\text{ц}}$  определяется по формуле [5, с. 65]:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \quad (2.19)$$

где  $\delta_3$  – допуск, мм  $\delta_3 = 2.5$  мм.

Тогда:  $\rho_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{2.5^2 + 1} = 0.673$  мм.

Суммарное отклонение расположения:

$$\rho_0 = \sqrt{0,7^2 + 0,04^2 + 0,673^2} = 0.972 \text{ мм.}$$

Погрешность  $\varepsilon_{\text{уст1}} = 0.440$  мм [5, с. 75];

$\varepsilon_{\text{уст2}} = 0.090$  мм [5, с. 75];

$\varepsilon_{\text{уст3}} = 0.050$  мкм [5, с. 75].

Остаточное суммарное расположение [5, с. 65]:

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_0, \quad (2.20)$$

где  $K_y$ - коэф-т уточнения [5, с. 65]

Для перехода 2  $K_y = 0,06$ .

Для перехода 3  $K_y = 0,04$ .

Для перехода 4  $K_y = 0,02$ .

Тогда

$$\rho_2 = K_{y2} \cdot \rho_0 = 0.972 \cdot 0,06 = 0.058 \text{ мм};$$

$$\rho_3 = K_{y3} \cdot \rho_0 = 0.972 \cdot 0,04 = 0.039 \text{ мм};$$

$$\rho_4 = K_{y4} \cdot \rho_0 = 0.972 \cdot 0,02 = 0.019 \text{ мм}.$$

Мин припуск на черновую обработку [10, с. 48]

$$2Z_{\min} = 2(R_z + h + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}) \quad (2.21)$$

$$2Z_{\min.т.черн.} = 2(0.160+0.200+\sqrt{0.972^2 + 0.440^2}) = 2.854 \text{ мм};$$

Мин припуск на чистовые операции

$$2Z_{\min.т.чист.} = 2(0.050+0.050+\sqrt{0.058^2 + 0.090^2}) = 0.414 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min.ш.} = 2(0.025+0.025+\sqrt{0.039^2 + 0.050^2}) = 0.227 \text{ мм}.$$

Промежуточные размеры  $d_{\min}^{i-1}$ , мм и  $d_{\max}^i$ :

$$d_{\min}^{i-1} = d_{\min}^i + 2Z_{\min} \quad (2.22)$$

$$d_{\min.ш.} = 204.818 \text{ мм};$$

$$d_{\min.т.чист.} = 204.818+0.227 = 205.045 \text{ мм};$$

$$d_{\min.т.черн.} = 205.045+0.414 = 205.459 \text{ мм};$$

$$d_{\min.з.} = 205.459+2.854 = 208.313 \text{ мм}.$$

$$d_{\max}^i = d_{\min}^i + Td^i \quad (2.23)$$

$$d_{\max.ш.} = 204.818+0.072 = 204.890 \text{ мм};$$

$$d_{\max.т.чист.} = 205.045+0.185 = 205.230 \text{ мм};$$

$$d_{\max.т.черн.} = 205.459+0.720 = 206.179 \text{ мм};$$

$$d_{\max.з.} = 208.313+3.200 = 211.513 \text{ мм}.$$

Мак припуски  $2Z_{\max}$  [10, с. 49]:

$$2Z_{\max} = d_{\max}^{i-1} - d_{\max}^i \quad (2.24)$$

$$2Z_{\max.\text{ш.}} = 205.230 - 204.890 = 0.340 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max.\text{т.чист.}} = 206.179 - 205.230 = 0.949 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max.\text{т.черн.}} = 211.513 - 206.179 = 5.334 \text{ мм}.$$

Мін припуски  $2Z_{\min}$  [10, с. 49]:

$$2Z_{\min} = d^{i-1}_{\min} - d^i_{\min} \quad (2.25)$$

$$2Z_{\min.\text{ш.}} = 205.045 - 204.818 = 0.227 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min.\text{т.чист.}} = 205.459 - 205.045 = 0.414 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min.\text{т.черн.}} = 208.313 - 205.459 = 2.854 \text{ мм}.$$

Проверка:

$$2Z^i_{\max} - 2Z^i_{\min} = TD^i - TD^{i-1} - \text{условие проверки} \quad (2.26)$$

$$2Z^4_{\max} - 2Z^4_{\min} = 0.340 - 0.227 = 0.113 \text{ мм};$$

$$TD^i + TD^{i-1} = 0.185 - 0.072 = 0.113 \text{ мм};$$

$$2Z^4_{\max} - 2Z^4_{\min} = TD^i + TD^{i-1} = 0.113 \text{ мм} - \text{условие проверки выполнено, значит}$$

расчёт припусков выполнен верно.

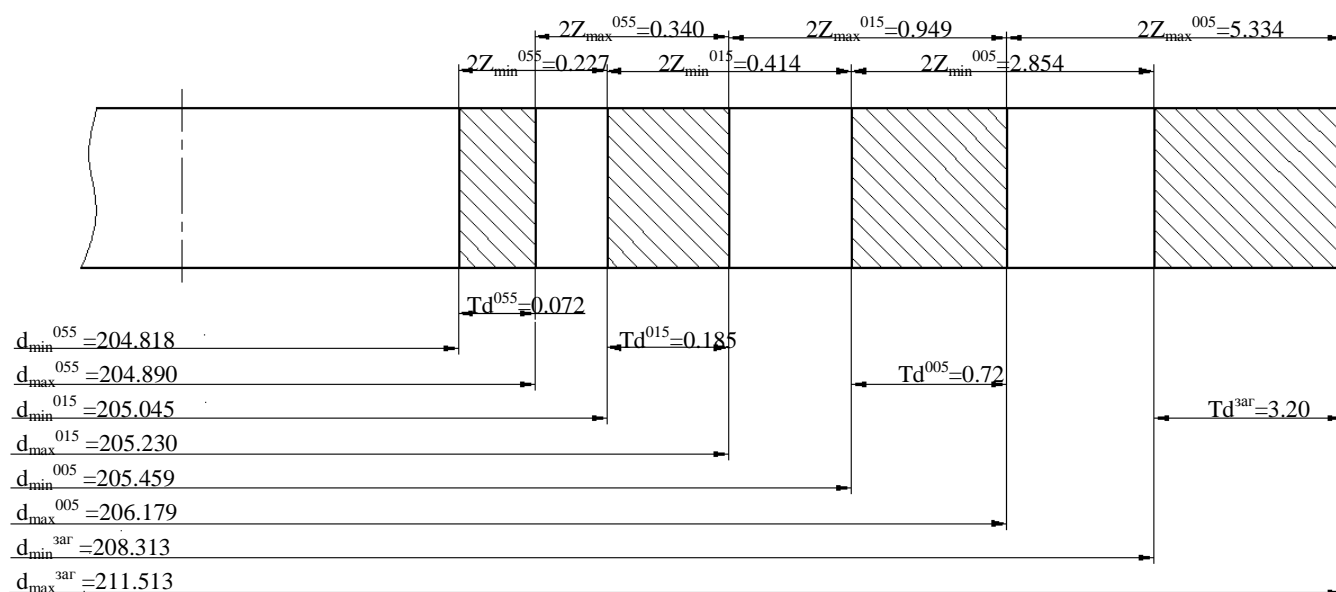


Рисунок 2.1 – Схема расположения припусков на  $\varnothing 205e7 \begin{matrix} 0.110 \\ 0.182 \end{matrix}$

### 2.5.1.2 Расчет промежуточных припусков табличным методом

Произведем расчет промежуточных припусков табличным методом на основе [12, с. 191]

Результаты расчетов - в таблице 2.6.

Таблица 2.6- Припуски на обработку поверхностей корпуса кулачкового механизма

№ оп	Наименование оп.	№ обрабатываемых поверхн.	Припуск на сторону, мм
1	2	3	4
005	Токарная (черновая)	3 4-6	1,6 2,0max
010	Токарная (черновая)	1,2	1,6
015	Токарная (чистовая)	3-6	0,5
020	Токарная (чистовая)	1,2,7	0,5
025	Внутришлифовальная (черновая)	6	0,13
055	Круглошлифовальная	2	0,18max
060	Внутришлифовальная (чистовая)	6 1	0,07 0,15
065	Координатно-шлифовальная	8,12 15	0,10 0,15

### 2.5.2 Расчет режимов резания аналитическим методом

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим на 020 Токарную операцию.

#### 2.5.2.1 Исходные данные

Материал детали - сталь ШХ15 ГОСТ 801-78  $\sigma_B = 730$  МПа, заготовка – штамповка, приспособление - патрон 3-х кулачковый, смена детали – ручная,

жесткость станка - средняя

### 2.5.2.2 Структура операции (последовательность переходов)

Оп 020 Токарная (чистовая)

Содержание операции: точить поверхн., выдержать размеры  $\varnothing 67,3^{+0,12}$ ;  
 $\varnothing 205,24_{-0,185}$ ;  $45^\circ$ ;  $40,15 \pm 0,05$

### 2.5.2.3 Выбор режущих инструментов

Резец токарный проходной сборный. Пластина T15K6  $\varphi = 93^\circ$ ,  $\varphi_1 = 27^\circ$ ,  $\lambda = -2^\circ$ ,  
 $\alpha = 11^\circ$ ;  $h = 25$   $b = 25$   $L = 125$

### 2.1.4 Расчет режимов резания

2.5.2.4.1 Припуск  $t = 0,5$  мм.

2.5.2.4.2 Подача  $S = 0.25$  мм/об [13, с.268] мм/об.

2.5.2.4.3 Определим расчетную скорость резания  $V$ , м/мин, по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (2.27)$$

где  $C_U$  - поправочный коэф-т на скорость резания;  $C_U = 420$  [13, с.270];

$T$  – стойкость пластины, мин,  $T = 60$  мин;

$t$  - глубина резания, мм;

$m, x, y$  - индексы показателей степени;  $m = 0.2$ ,  $x = 0.15$ ,  $y = 0.20$ , [13, с.270];

$K_U$  - коэф-т, на резание [13, с.282], определяется по формуле:

$$K_U = K_{MU} \cdot K_{PU} \cdot K_{IU}, \quad (2.28)$$

где  $K_{MU}$  - коэф-т, на материал заготовки [13, с.261];

$K_{PU}$  - коэф-т на состояние поверхности заготовки,  $K_{PU} = 1.0$  [13, с.263];

$K_{IU}$  - коэф-т на материал инструмента;  $K_{IU} = 1,0$  [13, с.263].

$$K_{MU} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_U}, \quad (2.29)$$

где  $K_{\Gamma}$  - коэф-т на группу стали,  $K_{\Gamma} = 1.0$  [13, с.262]

$\sigma_B$  - предел прочности;

$n_U$  - показатель степени;  $n_U = 1,0$ .

Подставим определенные значения в формулы (2.29), (2.28) и (2.27), получим:

$$K_{MU} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{730}\right)^{1,0} = 1,03.$$

$$K_U = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 1,03.$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,25^{0,20}} \cdot 1,03 = 278,6 \text{ м/мин.}$$

2.5.2.5.4 Частота вращения станочного шпинделя  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.30)$$

где  $V$  - расчётная скорость резания, м/мин.

$$\text{При точении } \varnothing 205,24: n_1 = \frac{1000 \cdot 278,6}{3,14 \cdot 205,24} = 432 \text{ мин}^{-1}$$

$$\text{При снятии фаски, } \varnothing 67,3: n_2 = \frac{1000 \cdot 278,6}{3,14 \cdot 67,3} = 1318 \text{ мин}^{-1}$$

2.5.2.5.5 Произведем корректировку частоты вращения по паспортным данным станка  $n_1 = 432 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_2 = 1318 \text{ мин}^{-1}$ .

2.5.2.5.6 Произведем расчёт сил, возникающих при резании

Составляющая силы резания  $P_z$ , Н определяется по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.31)$$

где  $C_p$  - поправочный коэф-т;  $C_p = 300$  [13, с.273]

$x, y, n$  - показатели степени;  $x=1.0, y=0.75, n= -0.15$ ;

$K_p$  - поправочный коэф-т.

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\text{гр}}, \quad (2.32)$$

$K_{\text{фр}}, K_{\text{гр}}, K_{\lambda p}, K_{\text{гр}}$  - поправочные коэф-ты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания,  $K_{\text{фр}}=0,89$   $K_{\text{гр}}=1,0$   $K_{\lambda p}=1,0$   $K_{\text{гр}} = 1,0$ ;

$K_{MP}$  - поправочный коэф-т на качество обрабатываемого материала [13, с.264], определяется по формуле:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.33)$$

где  $\sigma_B$  - предел прочности;

$n$  - показатель степени;  $n = 0.75$

Подставим определенные значения в формулу (2.33) и (2.32), получим:

$$K_{MP} = \left( \frac{730}{750} \right)^{0.75} = 0,98.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0.5^{1.0} \cdot 0,25^{0.75} \cdot 278.6^{-0.15} \cdot 0,98 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 199 \text{ Н.}$$

2.5.2.5.6 Мощность резания  $N$ , кВт определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.34)$$

$$\text{Тогда: } N = \frac{199 \cdot 278.6}{1020 \cdot 60} = 0,90 \text{ кВт.}$$

Мощность привода станка:  $N_{\text{штп}} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5$  кВт;  $0,90 < 7,5$ , т. е. обработка возможна.



### 2.5.3 Расчет режимов резания табличным методом

Выполним расчет на 055 Круглошлифовальную операцию.

#### 2.5.3.1 Исходные данные

Материал детали - сталь ШХ15 ГОСТ 801-78  $\sigma_B = 730$  МПа, вид заготовки – штамповка, обработка – круглошлифовальная, тип производства - среднесерийное, приспособление - патрон цанговый, смена детали – ручная, жесткость станка – средняя.

#### 2.5.3.2 Структура операций (последовательность переходов)

Операция 055 Круглошлифовальная: шлифовать поверхн., выдерживая размер  $\varnothing 205e7$ .

#### 2.5.3.3 Выбор режущих инструментов

Круг шлифовальный 1 450x30x203 91A F60 L 6 V A 35 м/с 2 кл.  
ГОСТ Р 52781-20078.

#### 2.5.3.4 Расчет элементов режимов обработки

2.5.3.4.1 Глубина резания  $t = 0,18$  мм.

2.5.3.4.2 Поперечная подача круга, мм/дв.ход.

$S_{\text{дв.ход}} = 0,005-0,008$  мм/дв.ход, принимаем  $S_{\text{дв.ход}} = 0,006$  мм/дв.ход.

2.5.3.4.3 Подача минутная продольная  $S$ , мм/об, определяется по формуле [1, с. 62]

$$S = S_d \cdot V_k, \quad (2.35)$$

где  $S_d$  - рекомендуемая продольная подача в долях ширины круга,

$V_k = 30$  мм - ширина круга (шлифовальный круг 450x30x203)

$S_d = 0,2-0,3$

Принимаем  $S_d = 0,2$

Тогда  $S = 0,2 \cdot 30 = 6$  мм/об.

2.5.3.4.4 Скорость круга  $V_k$ , м/с

$$V_k = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3.14 \cdot 450 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 37 \text{ м/с}$$

2.5.3.4.5 Скорость вращения детали  $V_d$ , м/мин

$V_d = 45$  м/мин

2.5.3.4.6 Частота вращения шпинделя,  $n$ , мин<sup>-1</sup>:

$$n_3 = 1000 \cdot v_3 / (\pi \cdot d) = 1000 \cdot 45 / (3.14 \cdot 205) = 70 \text{ мин}^{-1}$$

2.5.3.4.7 Корректировка режимов по паспорту станка:

$n_3 = 70$  мин<sup>-1</sup>.

Рассчитаем режимы резания на остальные операции техпроцесса, пользуясь [1]. Результаты расчета в таблице 2.7

Таблица 2.7 - Сводная таблица режимов резания

№ оп	Наименование оп.	Наименование перехода	Глубина резания $t$ , мм	Табличная подача, скорректированная по паспорту станка $S$ , мм/об	Табличная скорость резания учетом поправочных коэф-тов $V_r$ , м/мин	Частота вращения шпинделя, соответствующая табличной скорости, об/мин	Принятая частота вращения шпинделя $n_{пр}$ , об/мин	Действительная скорость Резания $V_{пр}$ , м/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Токарная (черновая)	Подрезать торец до $\varnothing 209,6$	1,6	0,5	122,4	186	186	122,4
		Расточить $\varnothing 70,1$	2,0	0,5	106,5	483	483	106,5
		Расточить $\varnothing 63,7$	2,0	0,5	106,5	532	532	106,5
10	Токарная (черновая)	Точить $\varnothing 206,2$	1,6	0,5	122,4	189	189	122,4
15	Токарная (чистовая)	Подрезать торец до $\varnothing 206,2$	0,5	0,25	278,6	430	430	278,6
		Расточить $\varnothing 71$	0,45	0,25	254,7	1142	1142	254,7
		Расточить $\varnothing 64,6$	0,45	0,25	254,7	1255	1255	254,7
20	Токарная (чистовая)	Точить $\varnothing 205,24$	0,5	0,25	278,6	432	278,6	432
		Снять фаску $\varnothing 67,3$	0,5	0,25	278,6	1318	278,6	1318
25	Внутришлифовальная (черновая)	Шлифовать $\varnothing 64,86$	0,13	4400* 0,008**	35	172	172	35

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	Фрезерная	Фрезеровать фр. Ø125	6max	22·0,1	85	216	216	85
		Фрезеровать фр. Ø125	0,5	22·0,03	120	305	305	120
		Сверлить Ø17/25	12,5	0,40	35	445	445	35
		Сверлить Ø15	7,5	0,30	30	637	637	30
		Расточить Ø15,8	0,4	0,20	60	1209	1209	60
35	Круглошлифовальная	Шлифовать Ø 205	0,18	0,006* 6	45	70	70	45
40	Внутришлифовальная (чистовая)	Шлифовать Ø65	0,07	5400* 0,006**	45	220	220	45
		Шлифовать торец Ø205	0,15	2500* 0,006**	45	70	70	45
45	Координатно-шлифовальная	Шлифовать Ø16	0,10	1500* 0,005**	15 м/с	-	-	15 м/с
		Шлифовать торец	0,15	2000* 0,005**	15 м/с	-	-	15 м/с

\*-подача в мм/мин

\*\*-подача в мм/дв.ход стола.

#### 2.5.4 Определение норм времени на все операции

Штучно-калькуляционное время  $T_{шт-к}$ , мин, определяется по формуле [5]:

$$T_{шт-к} = T_{п-з}/n + T_{шт}, \quad (2.36)$$

где  $T_{п-з}$  - норматив подготовительно-заключительного времени, мин;

$n$  - объем деталей настроенной партии, шт

$$n = N \cdot a / D, \quad (2.37)$$

где  $N$  - годовая программа выпуска;

$a$  - периодичность выпуска деталей в днях (3,6,12,24 дня). Принимаем  $a=6$ ;

$D$  - количество рабочих дней.

$$n = 10000 \cdot 12 / 254 = 236$$

Рассчитывается норма штучного времени  $T_{шт}$ :

Для всех операций, кроме шлифовальной норма штучного времени  $T_{шт}$ , будет определяться по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v \cdot k + T_{об.от}, \quad (2.38)$$

Для шлифовальной операции шлифовальной норма штучного времени  $T_{шт}$ , определяется по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v \cdot k + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}, \quad (2.39)$$

где  $T_o$  - основное время, мин;

$T_v$  - вспомогательное время, мин.

Вспомогательное время  $T_v$ , мин, состоит из затрат времени на отдельные приемы и определяется по формуле:

$$T_v = T_{у.с} + T_{з.о} + T_{уп} + T_{из}, \quad (2.40)$$

где  $T_{у.с}$  – вспомогательное время, учитывающее установку и снятие детали, мин;

$T_{з.о}$  - вспомогательное время, учитывающее закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$  - вспомогательное время, учитывающее приемы управления станком, мин;

$T_{из}$  - вспомогательное время на контроль и измерение детали, мин;

$K=1,85$  -- поправочный коэф-т, который учитывает тип производства;

$T_{об.от}$  - вспомогательное время, учитывающее обслуживание рабочего места, а также отдых и личные надобности, мин;

$T_{тех}$  - вспомогательное время, учитывающее техническое обслуживание рабочего места;

$T_{орг}$  - вспомогательное время, учитывающее организационное обслуживание рабочего места;

$T_{от}$  - вспомогательное время, учитывающее перерывы на отдых и личные надобности рабочего, мин.

Для шлифовальной операции вспомогательное время, учитывающее техническое обслуживание рабочего места будет равно

$$T_{тех} = T_o \cdot t_{п} / T, \quad (2.41)$$

где  $t_{п}$ - основное время на правку шлифовального круга, мин;  
 $T$ - стойкость круга, мин.

Расчет норм времени на токарную операцию 020

Основное время определяются по формуле

$$T_o = \frac{L_{рх} \cdot i}{nS}, \quad (2.42)$$

где  $L_{рх}$  - длина раб. хода, мм.

$$L_{рх} = L_{рез} + l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.43)$$

где  $L_{рез}$  – длина резания, мм;

$l_1$  – подвод, мм;

$l_2$  - врезание, мм;

$l_3$  - перебег, мм;

$i$ - число проходов.

Для контурного резца с углом  $\varphi=90^\circ$  при черновом точении  $l_1 + l_2 + l_3 = 4$  мм

$$T_o = \frac{118}{432 \cdot 0,25} + \frac{5}{1318 \cdot 0,25} = 1,092 + 0,015 = 1,107 \text{ мин}$$

$$T_b = (0,15 + 0,10 + 0,07 \cdot 4 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 0,566 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 1,107 + 0,566 = 1,673 \text{ мин}$$

$$T_{об.от} = 0,06 \cdot 1,673 = 0,100 \text{ мин}$$

$$T_{п-з} = 17 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 1,673 + 0,100 = 1,773 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 1,773 + 17/236 = 1,845 \text{ мин}$$

Расчет норм времени на круглошлифовальную операцию 055.

Основное время  $T_o$ , мин определяются по формуле [1, с. 212]

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n \cdot S_t \cdot S} K, \quad (2.44)$$

где  $L$ - длина хода стола, мм;

$h$ - припуск на сторону, мм;

$S_t$  – продольная подача, мм/мин;

$S$  – поперечная подача в мм/дв. ход;

$K$ - коэф-т точности, учитывающий выхаживание.

$$T_o = \frac{40 \cdot 0,18}{70 \cdot 6 \cdot 0,006} \cdot 1,1 = 3,143 \text{ мин}$$

$$T_b = (0,15+0,1+0,12 \cdot 2 \cdot 0,2) \cdot 1,85 = 0,551 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 3,143+0,551 = 3,694 \text{ мин}$$

$$T_{тех} = 0,5 \cdot 3,143/20 = 0,079 \text{ мин}$$

$$T_{орг} = 0,017 \cdot 3,694 = 0,063 \text{ мин}$$

$$T_{от} = 0,06 \cdot 3,694 = 0,222 \text{ мин}$$

$$T_{п-з} = 21 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 3,694+0,079+0,063+0,222 = 4,058 \text{ мин}$$

$$T_{шт-к} = 4,058+21/236 = 4,147 \text{ мин}$$

Также произведем расчет норм времени на остальные операции. Результаты расчетов в таблице 2.8

Таблица 2.8- Нормы времени

№ оп	Наименование оп	T <sub>о</sub>	T <sub>в</sub>	T <sub>оп</sub>	T <sub>об.от</sub>	T <sub>п-з</sub>	T <sub>шт</sub>	п	T <sub>шт-к</sub>
		мин	мин	мин	мин	мин	мин		мин
05	Токарная (черновая)	0,993	0,551	1,544	0,093	21	1,637	236	1,726
10	Токарная (черновая)	1,249	0,507	1,756	0,105	17	1,861	236	1,933
15	Токарная (чистовая)	0,814	0,566	1,380	0,083	21	1,463	236	1,552
20	Токарная (чистовая)	1,107	0,566	1,673	0,100	17	1,773	236	1,845
25	Внутришлифовальная (черновая)	0,272	0,551	0,823	0,072	21	0,895	236	0,984
30	Фрезерная	9,879	0,773	10,652	0,639	46	11,291	236	11,486
55	Круглошлифовальная	3,143	0,551	3,694	0,364	21	4,058	236	4,147
60	Внутришлифовальная (чистовая)	1,031	0,640	1,671	0,154	24	1,825	236	1,927
65	Координатно- шлифовальная	3,990	0,758	4,748	0,631	24	5,379	236	5,480

## 3 Проектирование станочного и контрольного приспособлений

### 3.1 Проектирование станочного приспособления

#### 3.1.1 Анализ конструкции базового приспособления

На 055 круглошлифовальной операции для закрепления детали в базовом варианте применяется 3-х кулачковый клиновый патрон, его недостатком является низкая точность установки заготовки типа диск.

Следовательно, основной задачей раздела 3.1 является проектирование нового (цангового) патрона с большей надежностью закрепления и большей точностью установки.

#### 3.1.2 Расчет усилия резания

При круглом шлифовании ведем расчет тангенциальной составляющей  $P_z$ . Для этого вначале необходимо вычислить мощность резания  $N$ , кВт по формуле [13, с.303]:

$$N = C_N \cdot v^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad (3.1)$$

где  $C_N$  - поправочный коэф-т;  $C_N = 1,3$  [13, с.303];

$r, x, y, q$  - показатели степени;  $r = 0,75, x = 0,85, y = 0,7, q = 0$  [13, с.303];

$t$ - глубина шлифования, мм/ход;

$s$ - продольная подача, мм/ход;

$d$ - обрабатываемый диаметр.

Подставим определенные значения коэф-тов в формулу (3.1), получим:

$$N = 1,3 \cdot 45^{0,75} \cdot 0,006^{0,85} \cdot 6^{0,7} \cdot 205^0 = 1,02 \text{ кВт.}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка:

$$N_{шп} = N_d \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт; } 1,92 < 7,5, \text{ т. е. обработка возможна.}$$



Сила резания  $P_z$ , Н, определяется по формуле [13, с.303] и составляет:

$$P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{v} \quad (3.2)$$

$$P_z = \frac{1.02 \cdot 1020 \cdot 60}{45} = 1391 \text{ Н.}$$

### 3.1.3 Расчет усилий закрепления заготовки

Схема действий сил резания и сил зажима показана на рисунке 3.1.

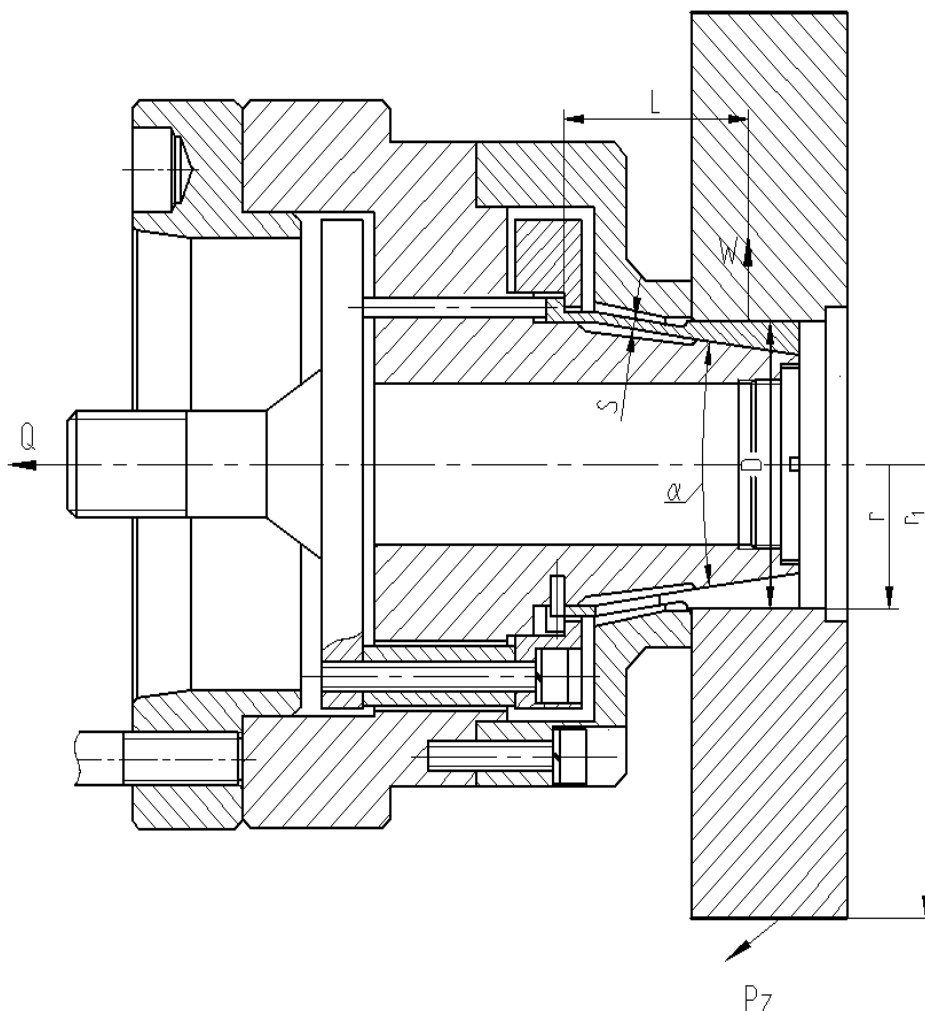


Рисунок 3.1 - Схема действий сил резания и сил зажима

Сила  $P_z$  при обработке создает момент резания  $M_{рез}$ , которому противодей-

стствует момент трения  $M_{тр}$  между установочной поверхностью цанг и обрабатываемой заготовки. Т. е. условие равновесия выражается в следующем виде:

$$M_{тр} = M_{рез}, \quad (3.3)$$

Суммарный момент резания  $M_{рез}$  от тангенциальной составляющей силы резания определяется по формуле:

$$M_{рез} = P_Z \cdot r, \quad (3.4)$$

где  $P_Z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

$r$  - радиус обрабатываемой поверхности, мм;

Суммарный момент трения  $M_{тр}$  определяется по формуле:

$$M_{тр} = T \cdot r_1 = W_Z \cdot f \cdot r_1, \quad (3.5)$$

где  $T$  – суммарная сила трения в местах между установочной поверхностью цанг и обрабатываемой заготовки, Н;

$W_Z$  – суммарная сила зажима, Н;

$f$  – коэф-т трения на рабочей поверхности цанг, для поверхности цанг с кольцевыми канавками  $f = 0,4$  [2, с. 153];

$r_1$  - радиус зажимаемой поверхности, мм.

Из равенства моментов  $M_{рез}$  и  $M_{тр}$  определим необходимое усилие зажима с учетом коэф-та запаса  $K$ , выразив  $W_Z$ :

$$W_Z = \frac{K \cdot P_Z \cdot r}{f \cdot r_1}, \quad (3.6)$$

где  $K$ - коэф-т запаса, вычисляемый по формуле[14, с.382]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.7)$$

где  $K_{0-6}$  – поправочные коэффициенты [14, с.382];

Подставим определенные значения коэф-тов в формулу (3.7), получим:

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

Подставим определенные значения в формулу (3.6), получим:

$$W_z = \frac{2.5 \cdot 1391 \cdot 205 / 2}{0,4 \cdot 64.86 / 2} = 27490 \text{ Н.}$$

### 3.1.4 Расчет зажимного механизма

Сила тяги привода  $Q$ , необходимая для обеспечения силы зажима  $W_z$  определяется по формуле [2, с.280]:

$$Q = K \cdot (W_z + W') \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right), \quad (3.8)$$

где  $K=1,05$  – коэф-т запаса, учитывающий дополнительные силы трения в патроне;

$W'$  - сила сжатия лепестков цанги для выбора зазора между ее губками и заготовкой, Н;

$\alpha$  - угол конуса цанги;

$\varphi$  - угол трения между цангой и втулкой.

Для трехлепестковой цанги сила сжатия лепестков цанги определяется по формуле [2, с.280]:

$$W' = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{\Delta \cdot s \cdot D^3}{L^3}, \quad (3.9)$$

где  $\Delta$  - зазор между цангой и заготовкой, мм;

$s$  - толщина стенки лепестка, мм;

$D$  - наружный диаметр поверхности лепестка, мм;

$L$  - длина лепестка от места задела до середины конуса, мм.

Подставим значения в формулу (3.9) и (3.8), получим:

$$W' = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,1 \cdot 1,5 \cdot 65^3}{50^3} = 1977 \text{ Ё} .$$

$$Q = 1,05 \cdot (7490 + 1977) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{15^\circ}{2} + 5^\circ 50'\right) = 7333 \text{ Н}.$$

### 3.1.5 Расчет силового привода

В качестве привода принимаем пневмоцилиндр двустороннего действия с рабочим давлением 1,0 МПа.

Тянущая сила на штоке для привода двухстороннего действия определяется по формуле [14, с. 449]:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.10)$$

где  $Q$  – тянущая сила на штоке, Н;

$D$  – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;

$d$  – диаметр штока пневмоцилиндра, мм;

$p$  – рабочее давление, МПа;

$\eta = 0,95$ -КПД привода.

Примем по [14, с. 379] приближенно  $d = 0,25D$ , получим:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 (1 - 0,25^2) \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi}{4} \cdot 0,9375 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \quad (3.11)$$

Тогда, выразив величину  $D$  из выражения (3.11), получим:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot 0,9375 \cdot p \cdot \eta}} = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}} \quad (3.12)$$

Подставим значения в формулу (3.12), получим:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{7333}{1,0 \cdot 0,95}} = 99,8 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 15608-81 принимаем стандартное значение  $D = 100$  мм.

Ход штока поршня  $h_{ш}$  пневмоцилиндра определяем по формуле:

$$h_{ш} = S_{ц} \cdot i_{п}, \quad (3.13)$$

где  $S_{ц}$  – ход цанг с радиальном направлении, мм;

$i_{п} = \text{ctg}\alpha$  - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению.

$$S_{ц} = T + \Delta_{ГАР} + \Delta S_{п}, \quad (3.14)$$

где  $T$  – допуск на размер от базовой поверхности до поверхности закрепления, мм; для  $\varnothing 64,85\text{H}8$   $T = 0,046$  мм;

$\Delta_{ГАР}$  - гарантированный зазор между поверхностью заготовки и зажимным элементом ( $\Delta_{ГАР} = 0,1 \dots 0,2$  мм), мм;

$\Delta S_{п}$  - запас хода, учитывающий износ и погрешности изготовления цанг, ( $\Delta S_{п} = 0,05 \dots 0,08$  мм), мм.

Подставим определенные значения в формулу (3.13), (3.14), получим:

$$S_{ц} = 0,046 + 0,1 + 0,05 = 0,196 \text{ мм, принимаем } S_{ц} = 0,2 \text{ мм.}$$

$$i_{п} = \text{ctg}\alpha / 2 = \text{ctg}7,5^{\circ} = 7,6;$$

$$h_{ш} = 0,2 \cdot 7,6 = 1,52 \text{ мм, принимаем } h_{ш} = 1,6 \text{ мм.}$$

### 3.1.6 Описание конструкции и принципа работы приспособления

Приспособление состоит из цангового патрона и пневмопривода.

Корпус 5 с помощью винтов 22 с шайбами 36 крепится к переходному фланцу 15, который, в свою очередь, с помощью шпилек 27 с гайками 33 крепится к

шпинделю станка.

К корпусу 5 винтами 19 с шайбами 34 крепится опора 10. На конус корпуса 5 устанавливается цанга 16, крепящаяся кольцом 8 и штифтом 37. Кольцо 8 крепится к штоку 18 винтами 20 с шайбами 34 через втулки 2. В отверстия корпуса 5 установлены плунжеры 13, которые одним концом упираются в шток 2, другим - в цангу 15.

Шток 18 с помощью втулки 3 и штифта 36 соединен с тягой 14.

На тяге 14 устанавливается кольцо 7, закрепленное винтом 23. Кольцо 7 служит для предотвращения биения тяги 14 в отверстиях шпинделя станка.

Тяга 14 с помощью гайки 26 соединена со штоком 17 пневмоцилиндра.

Пневмоцилиндр содержит корпус 6, к которому винтами 21 с шайбами 35 установлена крышка 9. В пневмоциindre установлен поршень 12, который с помощью гайки 25 с шайбой 33 крепится к штоку 17. Через отверстие штока 17 проходит трубка муфты 1 для подвода воздуха.

Муфта 1 установлена в крышке 9 с помощью гайки.

Для уплотнения в пневмоциindre устанавливаются кольца 28-32.

На поршне 12 установлены демпферы 4, которые предотвращают удары поршня о стенки корпуса 6 и крышки 9

Пневмоцилиндр устанавливается на заднем конце шпинделя на резьбе и фиксируется с помощью винта 24.

При подаче воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра поршень 12 отходит вправо, шток 18 под действием плунжеров 13 двигает цангу 16 вправо и ее лепестки сжимаются и освобождают заготовку.

Принцип работы приспособления: заготовка устанавливается на цанге 16 с упором в торец опоры 10. При подаче воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра поршень 12 через шток 17 тянет тягу 14 и шток 18 влево. Шток 18, жестко скрепленный с цангой через кольцо 8, тянет цангу 16, лепестки которой, скользя по конусу корпуса 5, разжимаются, центрируя и зажимая заготовку.

При подаче воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра поршень 12 отходит вправо, шток 18 под действием плунжеров 13 сдвигает цангу 16 вправо и ее лепестки сжимаются и освобождают заготовку.

Чертеж приспособления представлен на листе графической части работы.

## 3.2 Проектирование контрольного приспособления

### 3.2.1 Анализ конструкции базового приспособления. Цели проектирования

На 075 операции Контрольной происходит выборочный контроль геометрических параметров корпуса кулачка.

После шлифовальной операции происходит контроль биения торца и наружной поверхности относительно базового отверстия.

Разработаем приспособление для контроля биения, взяв за основу приспособления для аналогичных деталей.

В базовом варианте контроль производится механическим индикатором с ценой деления 0,005 мм.

### 3.2.2 Описание сущности усовершенствований

В отличие от базового варианта с механическим индикатором с ценой деления 0,001 мм применим электронный индикатор TESA DIGICO 11 со следующими параметрами:

- жидкокристаллический дисплей с высотой символов 8,5 мм;
- обнуление и фиксация значений в любом месте диапазона показаний;
- угол поворота дисплея 270°;
- функция предустановки параметров;
- управление двумя кнопками;
- отображение результатов измерения в миллиметрах и дюймах;
- максимальная скорость перемещения 1,5 м/с;
- повторяемость и погрешность отсчета: 2 мкм;
- интерфейс RS-232C;
- автономное питание от батарей (≈4000 ч);
- температурный режим эксплуатации: +5°C...+40 °C;
- электромагнитная совместимость: EN 50081-1: 1993, EN 50082-1: 1993

Дополнительные функции:

- ввод предельных значений для сортировки;

- хранение значений используемых функций «Самое высокое значение», «Самое низкое значение», «Самое высокое значение минус самое низкое значение»;
- счетчик обратного хода.
- Диапазон измерений, мм / дюйм: 12,5 / 0,5
- Дискретность цифровой шкалы, мм / дюйм: 0,001 / 0,00005

### 3.2.3 Описание конструкции приспособления

Приспособление содержит основание 4, к которому винтами 12 крепится базовая плита 5, на которую устанавливаются индикаторы 2 и 3. В отверстие основания 4 устанавливается фланец 6, закрепленный винтами 11. В отверстие фланца установлена самоцентрирующая оправка 1. На плите также установлена стойка 7 с опорой 8, закрепленная винтами 10.

Для установки приспособления на контрольном столе на базовой плите установлены пальцы 9.

Приспособление работает следующим образом:

#### 1) Контроль биения торца

Заготовка устанавливается в оправке 1 с упором в опору 8. Клиноплунжерная оправка 1 зажимается, центрируя заготовку по базовому отверстию. На плиту 5 устанавливается индикатор 2. В контролируемый торец упирается головка винта, установленного на рычаге, в торец которого упирается ножка индикатора. Вращая деталь, головка винта повторяет неровности профиля детали, угольник отклоняется и с индикатора снимают показания о биении торца относительно базовой поверхности.

#### 2) Контроль биения наружного диаметра

Заготовка устанавливается в оправке 1 с упором в опору 8. Клиноплунжерная оправка 1 зажимается, центрируя заготовку по базовому отверстию. На плиту 5 устанавливается индикатор 3. В контролируемый диаметр торец упирается головка ножки индикатора. Вращая деталь, головка ножки индикатора повторяет неровности профиля детали и с индикатора снимают показания о биении наружной поверхности относительно базового отверстия.



У индикаторов 2 и 3 есть возможность ввода предельных контролируемых значений полей допусков и годность детали можно определять не по разнице показаний индикатора, а по светодиодной индикацией:

- «зеленый» - годный
- «красный» - брак
- «желтый» - доработать

### 3.2.4 Расчет точности приспособления

Определим допустимую погрешность контроля.

$$[\varepsilon] = (0,2 \dots 0,4)Td \quad (3.15)$$

где  $K = 0,2$  – для более грубых квалитетов

$K = 0,4$  – для более точных квалитетов.

$$[\varepsilon] = 0,3 \times 0,03 = 0,009 \text{ мм.}$$

Фактическое значение погрешности контроля:

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_{\text{прибора}}^2 + \varepsilon_{\text{эталона}}^2}, \quad (3.16)$$

где  $\varepsilon_{\text{уст}}$  – погрешность установки детали на приспособлении, определяется по формуле (3.17);

$\varepsilon_{\text{прибора}}$  – погрешность измерительного прибора,  $\varepsilon_{\text{прибора}} = 0,5$  мкм;

$\varepsilon_{\text{эталона}}$  – погрешность эталона,  $\varepsilon_{\text{эталона}} = 0$ , так как в нашем случае приспособление настраивают непосредственно по контролируемой детали.

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закрепл}}^2 + \varepsilon_{\text{полож. заг.}}^2}, \quad (3.17)$$

где  $\varepsilon_{\text{баз.}}$  – погрешность базирования,  $\varepsilon_{\text{баз.}} = 0$ , так как измерительная и технологическая базы совпадают;

$\varepsilon_{\text{закр.}}$  – погрешность закрепления детали в приспособлении,  $\varepsilon_{\text{закр.}} = 0$ , так как усилие закрепления незначительное;

$\varepsilon_{\text{полож.заг.}}$  – погрешность положения заготовки, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{полож.заг.}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}, \quad (3.18)$$

где  $\Delta_1$  – несоосность фланца и оправки,  $\Delta_1 = 2$  мкм;

$\Delta_2$  – максимальный зазор в сопряжении фланца и оправки,  $\Delta_2 = 5$  мкм.

Тогда, подставив определенные значения в формулы (3.18), (3.17) и (3.16), получим:

$$\varepsilon_{\text{полож.заг.}} = \sqrt{2^2 + 5^2} = 5,3 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{уст.}} = \sqrt{0^2 + 0^2 + \varepsilon_{\text{полож.заг.}}^2} = 5,3 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{\text{факт}} = \sqrt{0,5^2 + 5,3^2} = 5,4 \text{ мкм.}$$

Вывод:  $\varepsilon_{\text{факт.}} < [\varepsilon]$ : 0,0054 мм < 0,009 мм, таким образом, контрольное приспособление обеспечивает необходимую точность контроля.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Наименование технического объекта дипломного проектирования (технологический процесс, технологическая операция, технологическое или инженерно-техническое оборудование, техническое устройство, приспособление, материальное вещество, технологическая оснастка, расходный материал) приводится в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Штамповка	Заготовительная операция	Кузнец-штамповщик	Пресс КГШП	Металл
2	Точение	Токарная операция	Оператор станка с ЧПУ	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC	Металл, СОЖ
3	Фрезерование	Фрезерная операция	Оператор станка с ЧПУ	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Металл, СОЖ
4	Внутреннее шлифование	Внутришлифовальная операция	Шлифовщик	Торцевнутришлифовальный п/а 3К2278В	Металл, СОЖ
5	Круглое шлифование	Круглошлифовальная операция	Шлифовщик	Круглошлифовальный п/а КШ-3	Металл, СОЖ
6	Координатное шлифование	Координатно-шлифовальная операция	Оператор станка с ЧПУ	Координатно-шлифовальный станок с ЧПУ 3284СФ4	Металл, СОЖ

## 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Идентификацию производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков - опасных и /или вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, источник этих факторов – оборудование, материал, вещество приводим в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	Заготовительная операция	Повышенная или пониженная температура поверхн. оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Пресс КГШП
2	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC
3	Фрезерная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и загазованность); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500
4	Внутришлифовальная операция Круглошлифовальная операция Координатно-шлифовальная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; фиброгенное воздействие (пыль и абразивная стружка, металлическая пыль); повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации, токсические, раздражающие (СОЖ)	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В Круглошлифовальный п/а КШ-3 Координатно-шлифовальный станок с ЧПУ 3284СФ4

### 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо подобрать и обосновать используемые организационно-технические методы и технические средства (способы, устройства) защиты, частичного снижения, или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора.

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

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Повышенная или пониженная температура поверхн. оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Краги для металлурга
2	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности выполнения работ	Каска защитная, очки защитные
3	Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки	Ограждение оборудования	Каска защитная, очки защитные
4	Фиброгенное воздействие (пыль и загазованность, абразивная стружка, металлическая пыль)	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
5	Токсические, раздражающие (СОЖ)	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования, защитный экран	Респиратор, перчатки

### Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
6	Повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибрации	Наладка оборудования, увеличение жесткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания	Беруши, наушники

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

В данном разделе проводится идентификация потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара с разработкой технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, а также должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасные характеристики произведенных технических объектов в процессах их эксплуатации (хранения, конечной утилизации по завершению жизненного цикла).

#### 4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);

б) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- 1) образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;
- 2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества, горящего технического объекта;
- 3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- 4) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;
- 5) термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей.

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется таблица 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Кузнечный участок	Пресс КГШП	Пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D)	Пламя и искры; тепловой поток	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок лезвийной обработки	Токарный с ЧПУ ВСТ-625-21 CNC Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (B)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
2	Участок абразивной обработки	Торцевнутришлифовальный п/а 3К228В Круглошлифовальный п/а КШ-3 Координатно-шлифовальный станок с ЧПУ 3284СФ4	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (B)	Пламя и искры	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества



#### 4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (ВКР)

Технические средства обеспечения пожарной безопасности приводятся в таблице 4.5

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ломы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

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

В данном разделе разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов способствующих возникновению пожара (таблица 4.6).

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

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Фрезерная операция Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение инструктажа по пожарной опасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недопозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

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

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

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Фрезерная операция	Многоцелевой вертикальный станок с ЧПУ S500	Пыль стальная	Взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	Основная часть отходов хранится в металлических контейнерах емкостью 1,0 м <sup>3</sup>

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта (ВКР) согласно нормативных документов (таблица 4.8).

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

Наименование технического объекта	Фрезерование
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидро-	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения

сферу	
-------	--

Продолжение таблицы 4.8

1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдении правил хранения, периодически вывоза отходов на захоронение

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

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления корпуса кулачкового механизма, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

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

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

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

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

## 5 Экономическая эффективность работы

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

Подробная информация, касающаяся технологического процесса изготовления детали, представлена в предыдущих разделах выпускной квалификационной работы. Поэтому, представим только краткую характеристику с отличительными особенностями совершенствования данного процесса.

*Базовый вариант.*

Операции 025 – Токарная (тонкая). Получистовая обработка отверстий производится тонким точением.  $T_O = 0,709$  мин.,  $T_{шт} = 1,753$  мин.

Оборудование – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16A20Ф305.

Оснастка: мембранный патрон.

Инструмент – резец-вставка токарный расточной с 3-хгранной пластиной, Т30К4.

*Проектный вариант.*

Операции 025 – Внутришлифовальная (черновая). Получистовая обработка производится черновым шлифованием.  $T_O = 0,272$  мин.,  $T_{шт} = 0,984$  мин.

Оборудование – внутришлифовальный станок, модель 3К227В.

Оснастка – мембранный патрон.

Инструмент – круг шлифовальный 5 50×30×15 91AF36P4VA  
ГОСТ Р 52781-2007.

Дополнительными исходными данными являются:

- Деталь – корпус кулачкового механизма
- Масса детали  $M_D = 5,5$  кг.
- Масса заготовки (штамповка) –  $M_3 = 11,04$  кг.
- Материал – сталь ШХ15 ГОСТ 801-78;
- Годовая программа  $P_T = 10000$  шт./год

Учитывая описанные изменения необходимо экономически обосновать целесообразность предложенного инженерного решения, для этого будем проводить следующие расчеты:

- определение капитальных вложений в проектируемый вариант;
- рассчитаем себестоимость выполнения операции по сравниваемым вариантам;
- составим калькуляцию полной себестоимости операции, по сравниваемым вариантам;
- рассчитаем экономическую эффективность предложенных совершенствований.

Чтобы определить перечисленные величины будем использовать программный пакет Microsoft Excel. Также для осуществления перечисленных действий применяется методика экономического обоснования инженерных решений [17], согласно которой осуществляем расчет капитальных вложений. Учитывая особенности изменений предлагаемых в проектном варианте, а именно замену оборудования, инструмента, затраты на проектирование и другие составные элементы, мы получили необходимую для вложения величину капитальных затрат, размер которой составит:  $K_{ВВ.ИР} = 134004,3$  руб.

Себестоимость выполнения операции учитывает ряд величин, ее структура с расчетной величиной, представлена на диаграмме (рис. 5.1). Учитывая, то, что в процессе предложенного инженерного решения метод получения заготовки и материал из которого она сделана, не менялся, рассчитывать затраты на материал определять не целесообразно, т.к. они не влияют на конечный результат.

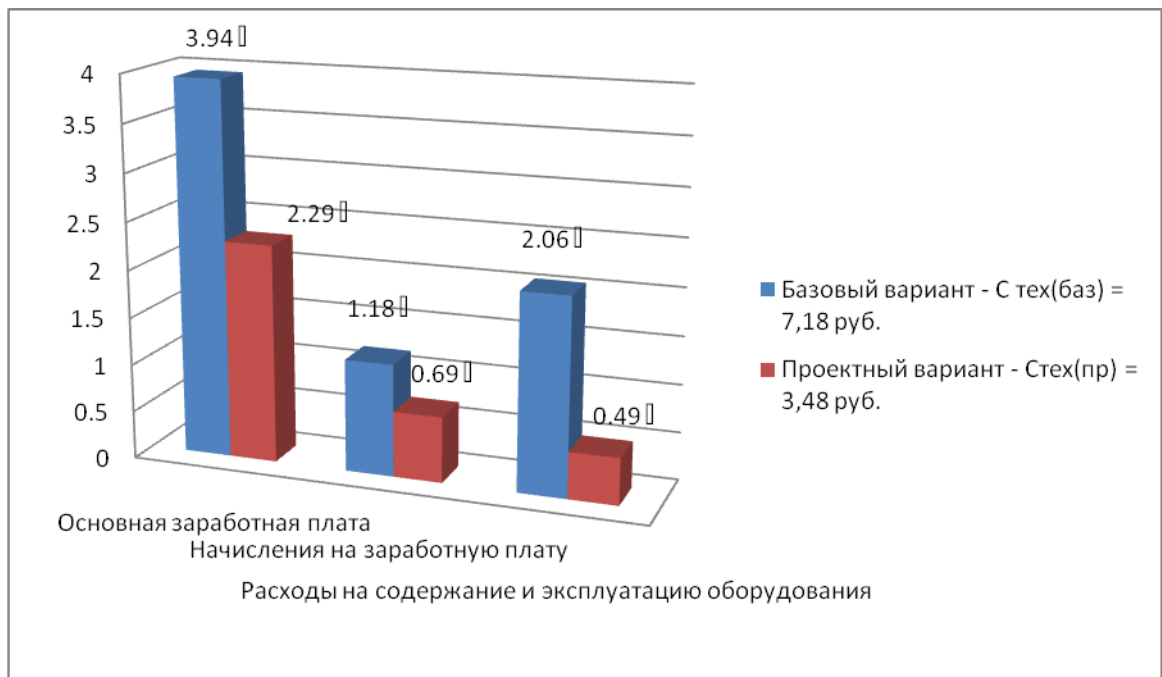


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости выполнения операций 025 по сравниваемым вариантам

Используя полученные значения, рассчитываем величину полной себестоимости выполнения совершенствованной операций 025. Согласно расчетам по применяемой методике составления калькуляции [17] были получены следующие значения: для базового варианта полная себестоимость составила 21,59 руб.; а для проектного варианта – 11,86 руб.

Все вышеперечисленные параметры необходимы для проведения экономического обоснования предложенных изменений. Для этого воспользуемся методикой расчета показателей экономической эффективности [17], согласно которой мы получаем следующие данные.

$$П_{р.ож} = Э_{уг} = (C_{пол(баз)} - C_{пол(пр)}) \cdot П_{г} \quad (5.1)$$

$$П_{р.ож} = Э_{уг} = (21,59 - 11,86) \cdot 10000 = 97300 \text{ руб.}$$

$$Н_{приб} = П_{р.ож} \cdot K_{нал} \quad (5.2)$$

$$Н_{приб} = 97300 \cdot 0,2 = 19460 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{Р.ЧИСТ}} = \Pi_{\text{Р.ОЖ}} - \Pi_{\text{ПРИБ}} \quad (5.3)$$

$$\Pi_{\text{Р.ЧИСТ}} = 97300 - 19460 = 77840 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{134004,3}{77840} + 1 = 2,72 = 3 \text{ года}$$

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

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = \Pi_{\text{Р.ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 77840 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) = 163931,1 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД} = 163931,1 - 134004,3 = 29926,8 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ИД} = \frac{163931,1}{134004,3} = 1,22 \text{ руб.} / \text{руб.}$$

Расчеты доказали целесообразность предлагаемых изменений по операции 025 технологического процесса. В результате чего предприятие имеет возможность получения дополнительной чистой прибыли в размере 77840 руб. от снижения себестоимости. А также достичь экономического эффекта положительной величины 29926,8 руб., что окончательно подтверждает целесообразность внедрения предложенного инженерного решения.



## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы решены задачи, сформулированные в первом разделе работы:

Спроектированный новый технологический процесс изготовления детали, для условий среднесерийного типа производства, использован наиболее экономически эффективный метод получения заготовки (методом горячей объемной штамповки), припуски рассчитаны аналитическим методом и являются минимальными. При разработке технологического процесса были применены: высокопроизводительное оборудование (станки с ЧПУ, автоматы, полуавтоматы, многоцелевые станки), высокопроизводительная оснастка с механизированным приводом и инструмент с износостойкими покрытиями. Снижены показатели штучного времени по некоторым операциям.

Спроектировано станочное приспособление для круглошлифовальной операции - цанговый патрон с пневмоприводом. Также разработано приспособление для контроля биения с электронными индикаторами и точностью контроля 1 микрон

Данные изменения позволили достичь цели работы, сформулированной во введении: обеспечить заданный объем выпуска деталей, снижение себестоимости изготовления и повышения качества изготовления по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Экономический эффект от внедрения данного ТП в производство составит 29926,8 рубля.

## Список используемой литературы

- 1 Барановский Ю.В. Режимы резания металлов, 1995.
- 2 Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений, 1980
- 3 Боровков В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки 2013
- 4 Боровков В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса, 2013
- 5 Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, 2007
- 6 Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки., 2004.
- 7 Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта», 2016
- 8 ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные 1990. – 86 с.
- 9 Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" 1985
- 10 Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 151001 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения, 2008.
- 11 Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, 1990
- 12 Справочник технолога - машиностроителя Т. 1 / А.М.Дальский, 2003.
- 13 Справочник технолога - машиностроителя Т. 2 / А.М.Дальский 2003.
- 14 Станочные приспособления: Справочник Т. 1./ Б.Н. Вардашкин, 1984
- 15 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент, 2008
- 16 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности 1982
- 17 Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей, 2015

## Приложения

1. Маршрутная карта технологического процесса.
2. Операционные карты.
3. Спецификация к чертежу станочного приспособления.
4. Спецификация к чертежу контрольного приспособления.





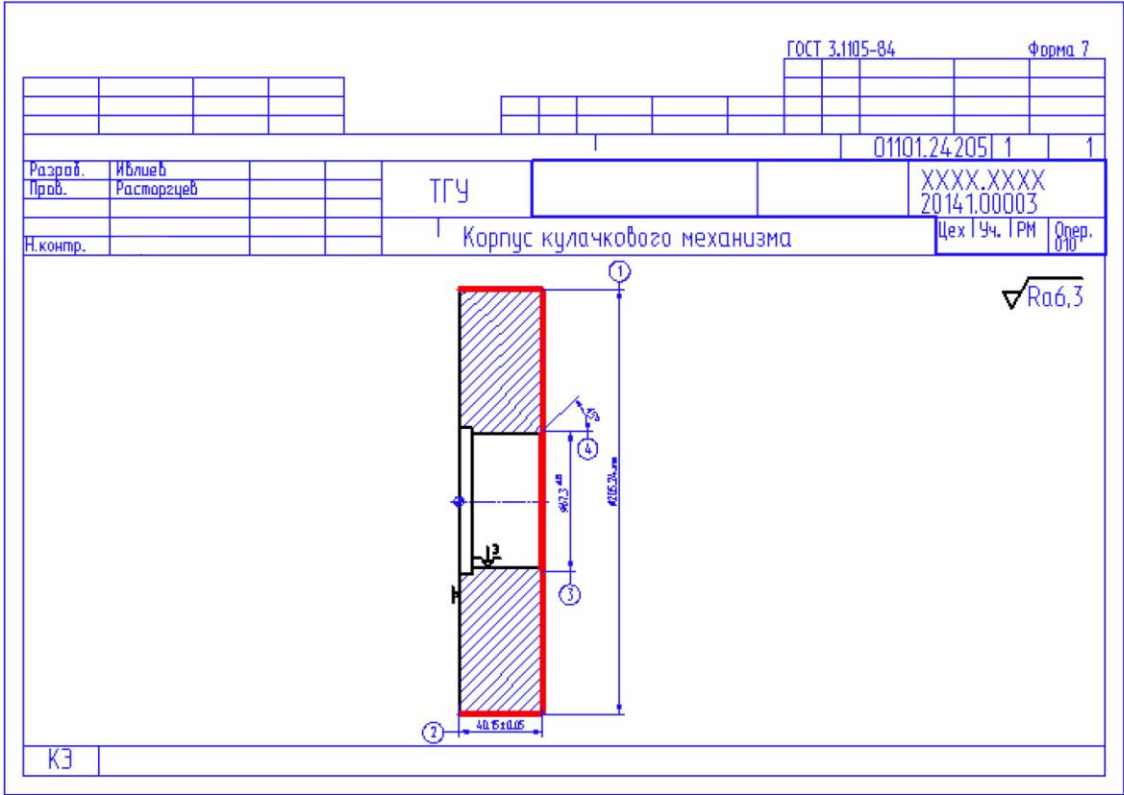




Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																01101	25211	4	4
А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа													
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпз.	Тшт.			
01А	XXXXXXX	060	4132	Внутришлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85														
02Б	38132XXX			ЗК227В		2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	24	1,825			
03Т	391810XXX- шлифовальный круг 5 50x40x15 91А F60 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																		
04Т	391810XXX- шлифовальный круг 6 60x30x20 91А F60 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																		
05Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 2216-84;																		
06Т	393140XXX- приспособление мерительное с индикатором																		
07																			
08А	XXXXXXX	065	4133	Координатно-шлифовальная	ИОТ И 37.101.7419-85														
09Б	38132XXX			3284СФ4		2	18873	411	1Р	1	1	1	236	1	24	5,379			
10Т	391810XXX- шлифовальный круг 5 10x15x5 91А F90 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																		
11Т	391810XXX- шлифовальный круг 6 30x20x10 91А F90 L 9 V А 35 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007;																		
12Т	393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 2216-84;																		
13Т	393140XXX- приспособление мерительное с индикатором																		
14																			
15А	XXXXXXX	070	0130	Моечная															
16Б	375698XXX			КММ															
18А	XXXXXXX	075	0200	Контрольная															
МК																			



Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
														01101.24205	1	1					
Разраб.	Ивлиев																				
Пров.	Расторгуев																				
														ТУ				XXXX.XXXX 10141.00001			
														Корпус кулачкового механизма				Цех	Уч.	РМ	Опер
Н. Контр.	Виткалов																	020			
Наименование операции		Материал		твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД									
4110 Токарная		Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78		180 НВ	166	5,5	∅209,6х44,3				11,04	1									
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз	Тшт	СОЖ													
ВСТ-625-21 CNC		XXXXXX		1,107	0,566	17	1,773	Украинол- 1													
P		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V												
01			мм	мм	мм		мм/об	об/мин	м/мин												
020	Установить и снять заготовку																				
03T	396111XXX- патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80																				
040	2. Точить поверхн., выдерж. разм. 1-4																				
05T	392110XXX- резец-вставка 25х25 ОСТ 2.И. 10.1-83 Т15К6; 393120XXX- шаблон ГОСТ 9038-83;																				
06T	393120XXX- калибр-скоба ГОСТ 2216-84																				
07P		XX	205,24	114	0,5	1	0,25	432	278,6												
08P		XX	67,7	1,1	0,5	1	0,25	1318	278,6												
12																					
ОКП																					



Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										01101.24205	1	1							
Разраб.	Ивлиев											XXXX.XXXX							
Пров.	Расторгуев											10141.00001							
Н. Контр.	Виткалов																		
Наименование операции										Материал			твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
4132 Внутршлифовальная										Сталь ШХ15 ГОСТ 801-78			180 НВ	166	5,5	∅209,6x44,3		11,04	1
Оборудование, устройство ЧПУ										Обозначение программы			To	Tв	Tпз	Tшт	СОЖ		
ЗК227В										XXXXXX			0,272	0,551	21	0,895	Укринол- 1		
P						ПИ	D или B	L	t	i	S	n	V						
01							мм	мм	мм		мм/ход	об/мин	м/мин						
02O	1. Установить и снять заготовку																		
03T	396111XXX- патрон мембранный ОСТ 3-3443-76																		
04O	2. Шлифовать отв., выдерж. разм. 1																		
05T	391810XXX- шлифовальный круг 5 80x25x15 91A F60 M 9 V A; 393120XXX- калибр-пробка ГОСТ 14807-69.																		
06T	393120XXX- приспособление контрольное с индикатором																		
07P							XX	64,86	33,5	0,13	1	0,008	172	35					
11																			
12																			
ОКП																			

				ГОСТ 3.1105-84	Форма 7
				01101.24.205   1	1
Разраб.	Ивлиев			ТГУ	XXXX.XXXX 2014.1.00003
Проб.	Расторгуев				
Н.контр.				Корпус кулачкового механизма	
				Цех 19ч. 1РМ	Опер. 025

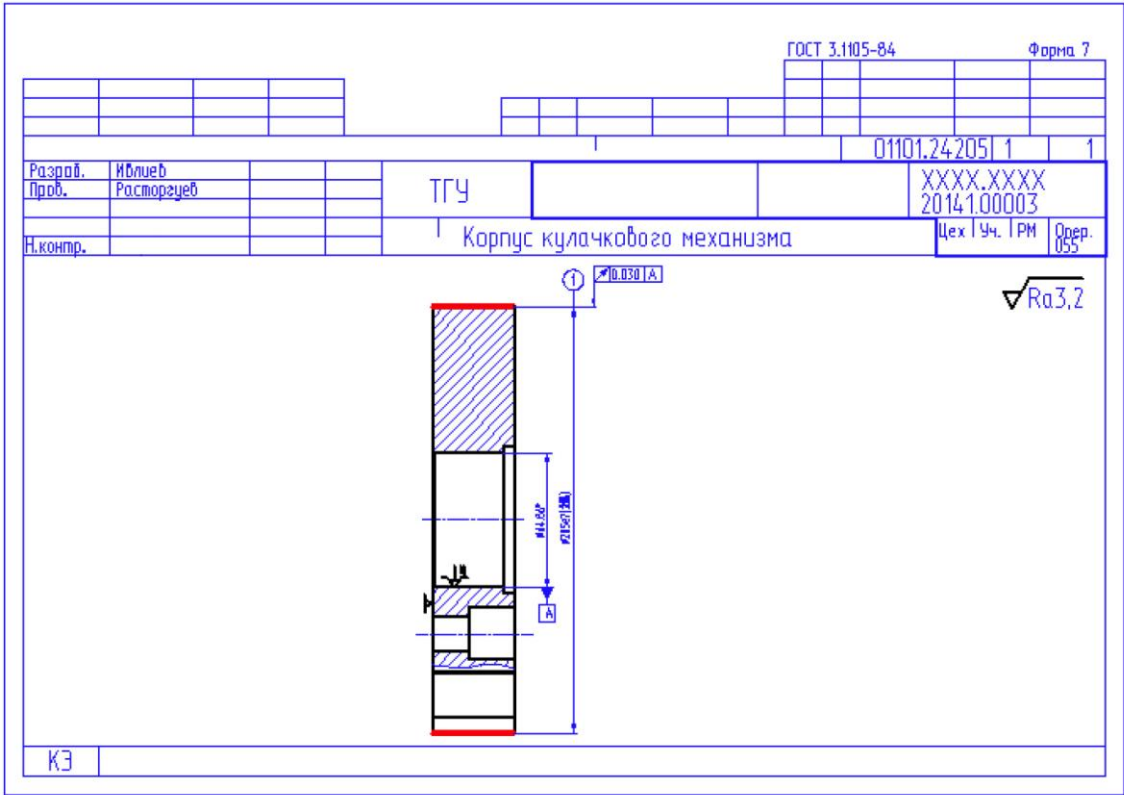
  

√Ra1.6

КЭ	
----	--





Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.600.60.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	16.07.ТМ.600.60.100	Муфта		
				<u>Детали</u>		
		2	16.07.ТМ.600.60.002	Втулка	3	
		3	16.07.ТМ.600.60.003	Втулка	1	
		4	16.07.ТМ.600.60.004	Демпфер	1	
		5	16.07.ТМ.600.60.005	Корпус	1	
		6	16.07.ТМ.600.60.006	Корпус	1	
		7	16.07.ТМ.600.60.007	Кольцо	1	
		8	16.07.ТМ.600.60.008	Кольцо	1	
		9	16.07.ТМ.600.60.009	Крышка	1	
		10	16.07.ТМ.600.60.010	Опора	1	
		11	16.07.ТМ.600.60.011	Пробка	1	
		12	16.07.ТМ.600.60.012	Поршень	1	
		13	16.07.ТМ.600.60.013	Плунжер	3	
		14	16.07.ТМ.600.60.014	Тяга	1	
		15	16.07.ТМ.600.60.015	Фланец	1	
		16	16.07.ТМ.600.60.016	Цанга	1	
			<b>16.07.ТМ.600.60.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Ивлиев				
Пров.		Расторгуев				
Н. Контр.		Виткалов				
Утв.		Бобровский				
					<b>Патрон цанговый</b>	
					Лит.	Лист
						1
					Листов	
					3	
					ТГУ, гр. ТМбз-1132	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		17	16.07.ТМ.600.60.017	Шток	1	
		18	16.07.ТМ.600.60.018	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-84		
		19		М6-6gx30.68	4	
		20		М6-6gx50.68	4	
		21		М8-6gx30.68	6	
		22		М12-6gx35.68	3	
		23		Винт М8x16.48		
				ГОСТ 1476-75	1	
		24		Винт М10x12.48		
				ГОСТ 1475-75	1	
		25		Гайка М24.6.05		
				ГОСТ 6393-73	1	
		26		Гайка М24.5.		
				ГОСТ 5927-70	1	
		27		Гайка М12-8		
				ГОСТ 12593-93	3	
				Кольца ГОСТ 9833-73		
		28		180-120-46-2	2	
		29		260-360-58-2	2	
		30		320-420-58-2	2	
		31		900-1000-58-2	3	
		32		920-1000-46-2	1	
		33		Шайба 24.01.05		
				ГОСТ 13465-77	1	
				Шайбы ГОСТ 6402-70		
16.07.ТМ.600.60.000						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	2	





Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			16.07.ТМ.600.61.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A2	1		16.07.ТМ.600.61.100	Оправка	1	
A2	2		16.07.ТМ.600.61.200	Индикатор	1	
A2	3		16.07.ТМ.600.61.300	Индикатор	1	
				<u>Детали</u>		
	4		16.07.ТМ.600.61.004	Основание	1	
	5		16.07.ТМ.600.61.005	Плита	1	
	6		16.07.ТМ.600.61.006	Фланец	1	
	7		16.07.ТМ.600.61.007	Стойка	1	
	8		16.07.ТМ.600.61.008	Опора	1	
	9		16.07.ТМ.600.61.009	Палец	4	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Винты ГОСТ 11738-72		
	10			М6х20.88	3	
	11			М6х30.88	4	
			<b>16.07.ТМ.600.61.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.	Ивлиев				Лит.	Лист
Проев.	Расторгуев					Листов
						1 2
Н. Контр.	Виткалов				ТГУ, гр. ТМбз-1132	
Утв.	Бобровский					
Приспособление контрольное						

