

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

---

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль) / специализация)

---

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления обоймы исполнительного механизма

---

Обучающийся	М.М. Рзаев (Инициалы Фамилия)	<hr/>	<hr/>
Руководитель	к.т.н., доцент В.А. Гуляев (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<hr/>	<hr/>
Консультант(ы)	к.э.н., доцент О.М. Сярова (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<hr/>	<hr/>
	к.т.н., доцент А.Н. Москалюк (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<hr/>	<hr/>

Тольятти 2022

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе представлена технология изготовления обоймы исполнительного механизма для условия среднесерийного производства при годовой программе 5000 деталей. Был проведен анализ конструкции обоймы исполнительного механизма на технологичность. Выявлены основные особенности, которые приводят к снижению технологичности на этапах получения заготовки и ее обработки. Проведен также технический анализ требований чертежа. Спроектирована технология для выбранного по массе и годовому объему выпуска среднесерийному типу производства. В качестве заготовки обоймы исполнительного механизма используются штамповка. Сравнивались два способа получения заготовки – штамповка и прокат. С учетом исходной заготовки и требований чертежа спроектирована маршрутная технология обработки группы поверхностей – цилиндрической направляющей части – отверстия, установочной резьбы, плоскостей с резьбовыми и направляющими отверстиями под штифты, а также мелких конструктивных элементов в виде канавок и фасок. Технология отличается последовательностью переходов, выполняемых на высокопроизводительном автоматизированном оборудовании, таком как токарно-винторезный станок SAMAT 135 NC, позволяющий реализовать принцип проектирования операций по концентрации переходов. Это обеспечивает также максимальную точность расположения обработанных поверхностей. Для реализации технологии спроектировано зажимное приспособление. Для обработки выбраны технологические базы, а также режущий инструмент, обеспечивающий высокопроизводительную обработку отверстия. Также для разработанной технологии предложены меры по снижению влияния вредных условий труда. Совершенствование режущего инструмента позволило повысить экономическую эффективность процесса.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	10
2 Технология изготовления детали.....	12
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	12
2.2 Расчет технологической операции.....	21
3 Расчет и проектирование средств оснащения.....	26
3.1 Проектирование основного приспособления.....	26
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	32
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	34
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	35
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	38
5 Экономическая эффективность работы.....	39
Заключение.....	44
Список используемых источников.....	45
Приложение А. Технологическая документация.....	47

## Введение

В современных условиях хозяйствования, когда взят курс на импорт замещение широкого спектра продукции, производственная система каждого промышленного предприятия требует совершенствования. Освоение новой продукции, внедрение нового оборудования, технологических приемов, напрямую связано с технической подготовкой производства. В результате анализа базового технологического процесса был обнаружен ряд отклонений не только в заполнении конструкторской документации, но и в рациональности использования метода получения заготовки, средств технологического оснащения, выбора комплекта технологических баз, последовательности обработки ответственных поверхностей и так далее.

Основным недостатком базового технологического процесса является использование заготовки, полученной методом литья в кокиль, что влечет за собой высокую стоимость материала, так как деталь выпускается средними сериями. В качестве аналога предложена заготовка, получаемая способом литья в землю. Это позволило бы уменьшить стоимость производства. Так же недостатком является отсутствие станков с ЧПУ, введение которых позволило бы обработать наружные поверхности детали за три установки, что сократило бы время обработки на механических операциях, а также повысило бы точность детали. Базирование заготовки в заводском технологическом процессе частично отвечает основным принципам технологии машиностроения. Для повышения технологичности конструкции детали предлагается унифицировать ряд ее конструктивных элементов и исключить тем самым применение специальных инструментов. Целесообразно применять стандартные режущие инструменты, параметры которых позволяют получить необходимую поверхность. Поэтому рекомендуется упорядочить операции механической обработки в зависимости от применяемого оборудования и функциональных назначений поверхностей детали. Конструкторский контроль, «анализ технических требований анализ технологичности» [10]

позволил более точно изучить конструкцию изделия, назначение поверхностей, конструктивных элементов.

Главная цель автоматизированного производства всех процессов, приводящих к созданию готовой продукции, является увеличение надёжности и также безопасности всех процессов. В связи с этим важной задачей инженера-технолога является разработка рациональных и экономически целесообразных технологических процессов изготовления элементов сцепки с учётом прогрессивных технологий, приспособленных к условиям конкретного предприятия, которые обеспечат высокую производительность производства продукции при ее наименьшей себестоимости. Необходимо «разработать новый технологический процесс изготовления детали» [19], использовать при обработке детали высокопроизводительное оборудование и специальную технологическую оснастку.

## 1 Анализ объекта проектирования

### 1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Деталь «Обойма» располагается в исполнительном механизме, который функционально обеспечивает бесступенчатый ход рабочего стола подачи фрезерного станка при механической обработке. Деталь передает свое вращательное движение ролику исполнительного механизма посредством червячной передачи, тем самым преобразовывая движение в поступательное.

Часть исполнительного механизма фрезерного станка с рассматриваемой деталью представлена на рисунке 1.

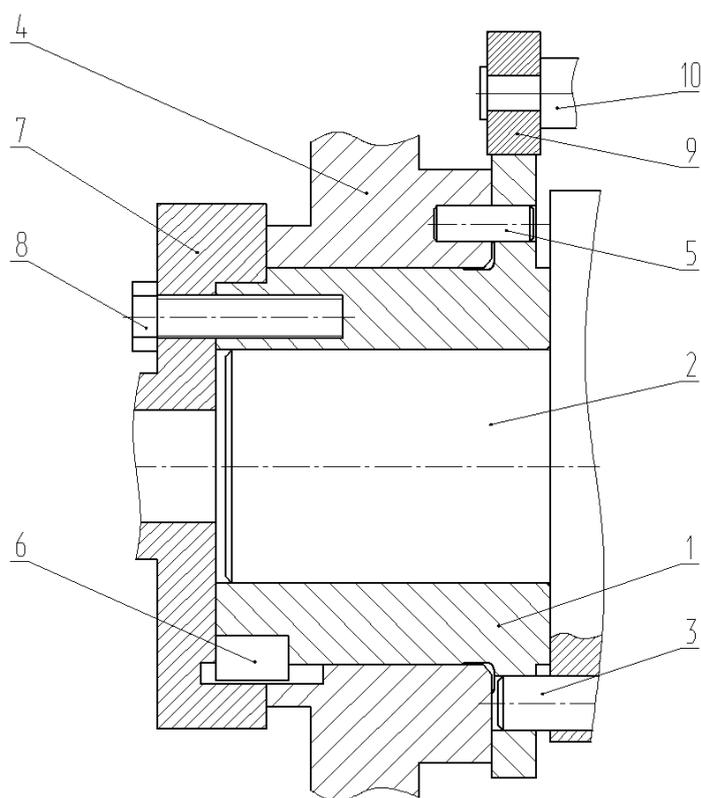


Рисунок 1 – Часть механизма

На представленном рисунке показано: 1 – обойма; 2 – вал; 3 и 5 – фиксирующие штифты; 4 – ступица; 6 – шпонка; 7 – фланец; 8 – крепежные

болты; 9 – ролик; 10 – ось ролика.

Условия эксплуатации в процессе работы детали, исходя из ее служебного назначения и конструктивное исполнение позволяют определить материал заготовки и требуемые параметры точности обработки на всех технологических операциях технологического процесса.

Материалом детали является сталь 40Х, «химический состав представлен в таблице 1, а свойства в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
Содержание, %» [3]	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,04	0,8-1,1	0,11	0,3	0,05

В «таблице указаны: С – углерод, Si – кремний, Mn – марганец, P – фосфор, S – сера, Cr – хром, Mo – молибден, Ni – никель, V – ванадий. Основным химическим элементом» [18] в рассматриваемом материале является Fe – железо, содержание которого может принимать значение из интервала 96-97 %.

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Сортамент	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, кДж/м <sup>2</sup>	НВ
поковка	245-275	470-530	15	30-32	34	143-197

Здесь показаны физико-механические параметры материала, значения которых присутствуют в таблице: предел пропорциональности, относительное удлинение при разрыве и твердость. Такой материал обычно используется для изготовления деталей небольших габаритных размеров. Выбранный материал относится к качественной конструкционной низколегированной хромистой стали, одним из существенных недостатков которой является некоторая отпускная хрупкость.

Для корректного назначения технических требований на рабочем чертеже корпуса необходимо проанализировать служебное назначение каждой поверхности детали. Для этого на рисунке 2 нумеруются все поверхности детали.

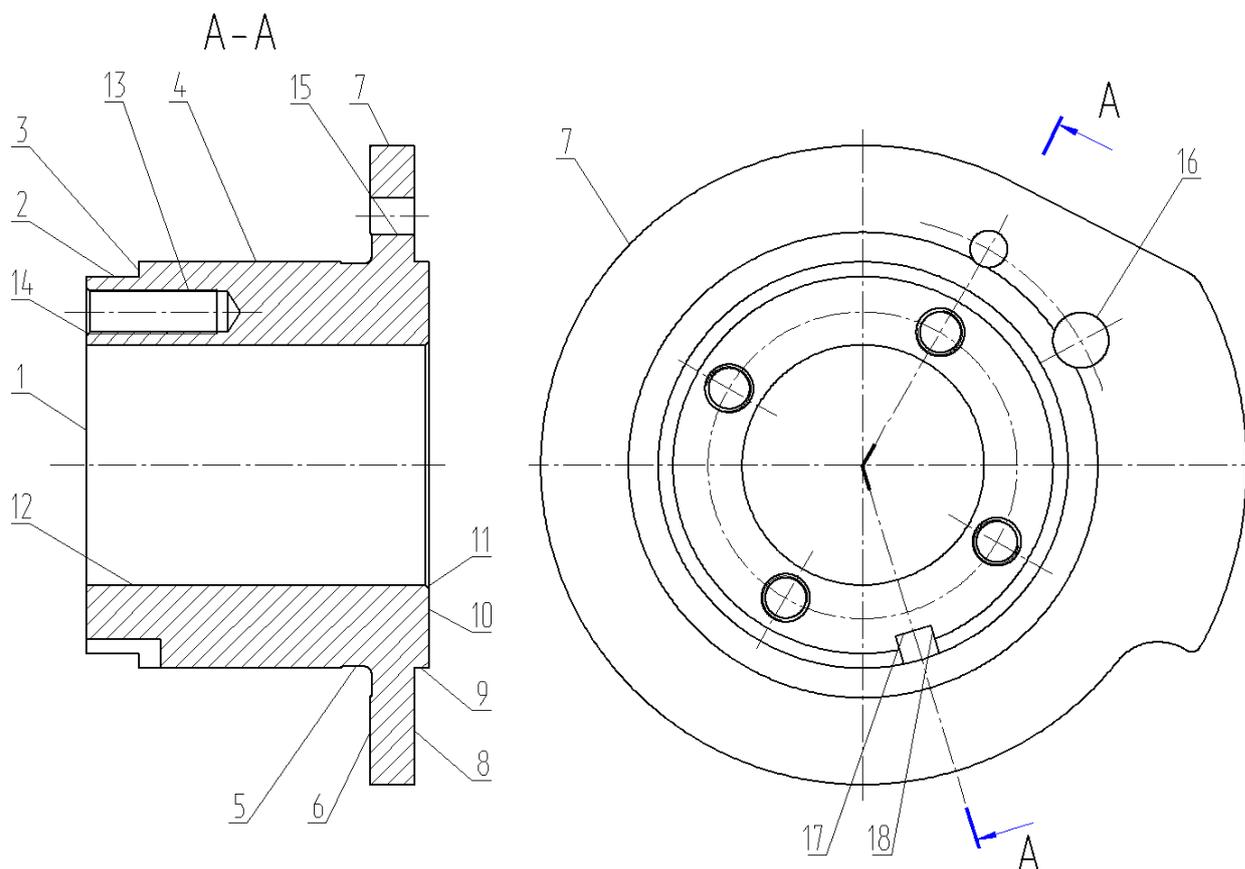


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

«Основными конструкторскими базами, определяющими положение» [20] всей обоймы, будут являться поверхности 10 и 12. Вспомогательными конструкторскими базами будут все присоединительные поверхности. Это поверхности – 1, 2, 4, 6, 13 и 17. Исполнительными поверхностями, осуществляющими функциональные действия детали, являются поверхности 7, 15, 16 и 18. Все остальные будут свободными.

При анализе технологичности конструкции детали следует рассмотреть соответствие «конструкции детали ее служебному назначению» [12], при минимальной себестоимости и материалоемкости изделия. Этот анализ

состоит из двух методов определения технологичности конструкции детали: качественный и количественный. Количественный и качественный анализ технологических факторов позволяет получить необходимую конфигурацию заготовки, возможность и удобство механической обработки всех поверхностей.

Конфигурация детали относительно простая с небольшими габаритными размерами. Это делает удобным установку и снятие на станках, а также перенос с одной операции на другую. Поверхности для обработки открытые и доступные и их можно обработать с различных сторон, а с учётом небольшой массы и размеров это можно сделать за счёт поворота самой заготовки. Контроль и доступность также обеспечивается для всех основных, самых точных поверхностей. Получить поверхности в соответствии с требованиями чертежа, кроме свободных на заготовительном этапе невозможно. Поэтому все контактирующие поверхности подвергается механической обработке. Требования по точности и качеству для точных поверхностей типовые для детали данного типа. Для основных отверстий шестой квалитет точности размеров с указанием допусков расположения и формы. Шероховатость тогда соответствует назначению этих поверхностей. Соответственно можно применить для обработки типовые технологические переходы и процессы. Обработка возможна на универсальном оборудовании с использованием универсального, стандартизированного инструмента. Выход и ход инструмента обеспечивается. По точности, с учетом материала, требуется минимум три перехода для обработки основных отверстий, для плоскостей достаточно будет двух переходов. Конструктивные элементы унифицированные и стандартные. Установка заготовки и базирование здесь должны выполняться с учётом конфигурации детали. Так как это поверхности призматической формы используем установку по плоскости. Поэтому рекомендуется упорядочить технологические операции механической обработки в зависимости от применяемого оборудования и функциональных назначений поверхностей детали. Таким образом можно сделать вывод, что

рассматриваемая деталь является в совокупности факторов технологичной и реализация проектирования технологического процесса ее изготовления является возможной.

## **1.2 Формулировка задач работы**

При проведении анализа предлагаемых в задании исходных данных для совершенствования технологического процесса изготовления обоймы исполнительного механизма был выявлен ряд взаимовытекающих друг из друга в порядке решения технических и технологических задач, сформулировать которые можно следующим образом:

- рассмотреть особенности технологического процесса изготовления детали и выбрать пути его совершенствования;
- изучить технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления;
- проанализировать базовый технологический процесс и исследовать пути его совершенствования; выявить оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; провести анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства;
- провести анализ применяемого оборудования;
- произвести анализ применяемых приспособлений; выявить станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; провести анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявить приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности;
- произвести анализ применяемого режущего инструмента; произвести анализ режимов резания.

В разделе, исходя из поставленной цели, а также описания служебного назначения детали и ее технологичности были сформулированы задачи

выпускной квалификационной работы. В первую очередь был определен тип производства, так как все характеристики проектируемого «технологического процесса зависят от типа производства» [6]. Было установлено, что деталь легко изготавливается «в условиях среднесерийного производства. Исходя из особенностей производства, в следующих разделах будем определять способ получения заготовки и ее проектирование. При этом необходимо рассмотреть не менее двух способов получения заготовки» [5] и выбрать наиболее экономичный способ на основе технико-экономического анализа. Далее необходимо разработать «план изготовления детали; выбрать средства технологического оснащения и разработать технологические операции. Далее необходимо разработать более совершенное станочное приспособление и режущий инструмент» [16]. В заключении необходимо сделать выводы о проделанной работе в соответствии с решенными задачами и сформулировать рекомендации по дальнейшему совершенствованию технологического процесса.

## 2 Технология изготовления детали

### 2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств обработки

Выбор типа производства основан на анализе трудоёмкости, которая определяется косвенно по массе самой детали и заданному годовому выпуску. Для массы 5,59 кг. и 5000 деталей в год тип производства – среднесерийный.

Рассмотрим два «метода получения заготовки – штамповка и прокат.

При штамповке» [8] «массу заготовки  $M_{Ш}$  определим по формуле

$$M_{Ш} = M_{Д} \cdot K_{Р}, \quad (1)$$

где  $M_{Д}$  – масса детали, кг;

$K_{Р}$  равен 1,6.

$$M_{Ш} = 5,59 \cdot 1,6 = 8,94 \text{ кг.}$$

Для определения массы заготовки, полученной с помощью проката, используем формулу:

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где  $V$  – объем заготовки, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность материала заготовки, кг/мм<sup>3</sup>» [14].

«Размеры заготовки при прокате будем определять по формулам:

$$d_{ПР} = d_{Д}^{max}, \quad (3)$$

где  $d_{Д}^{max}$  – максимальный диаметр заготовки» [14] равный 189,5 мм.

Тогда

$$d_{ПР} = 189,5 \cdot 1,05 = 199 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_D^{max}$  равным 199 мм.

$$\langle l_{IP} = l_D^{max}, \quad (4)$$

где  $l_D^{max}$  – максимальный линейный размер заготовки» [14] равный 92 мм.

Тогда

$$l_{IP} = 92 \cdot 1,05 = 96,6 \text{ мм}$$

Принимаем  $l_D^{max}$  равным 96.6 мм.

«Тогда:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{IP}^2 \cdot l_{IP}. \quad (5) \gg [14]$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 199^2 \cdot 96,6 = 3033240 \text{ мм}^3$$

«Масса заготовки из проката будет

$$M_{IP} = 3033240 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 23,81 \text{ кг} \gg [17].$$

«Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_D = C_3 + C_{MO} - C_{OTX}, \quad (6)$$

где стоимость  $C_3$  – заготовки;

$C_{MO}$  – механической обработки;

$C_{OTX}$  – стружки.

При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (7)$$

где  $C_B$  – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$  – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

$K_T$  – точность;

$K_{СЛ}$  – сложность;

$K_B$  – массу;

$K_M$  – материал;

$K_{П}$  – серийность» [14].

«Примем  $C_B$  равным 11,20 руб./кг,  $K_T$  равным 1,0,  $K_{СЛ}$  равным 1,0,  $K_B$  равным 0,89,  $K_M$  равным 1,18 и  $K_{П}$  равным 1,0» [11].

Тогда

$$C_3 = 11,20 \cdot 8,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 105,15 \text{ руб.}$$

«Определим стоимость по формуле:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} \quad (8)$$

где  $C_{УД}$  – цена 1 кг материала, руб./кг.

Удельные затраты:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (9) \text{» [14]}$$

«Принимаем  $E_H$  равным 0,16,  $C_C$  равным 14,8 руб./кг и  $C_K$  равным 32,5 руб./кг» [11].

$$C_{МО} = (8,94 - 5,59) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 67 \text{ руб.}$$

«Так как  $C_{ОТХ}$  является возвратной величиной, то определяется по формуле

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} \quad (10) \text{» [14]}$$

$C_{ОТХ}$  равна 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{ОТХ} = (8,94 - 5,59) \cdot 0,35 = 1,17 \text{ руб.}$$

Получим:

$$C_{Д} = 105,5 + 67 - 1,17 = 170,98 \text{ руб.}$$

«Тогда стоимость заготовки из проката будет:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (11)$$

где  $C_{МПР}$  – стоимость 1 кг материала примем равным 13,5 руб./кг;

$C_{ОЗ}$  – отрезка, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (12)$$

где  $C_{ПЗ}$  – рабочие затраты 30,2 руб./ч.

$T_{ШТ}$  определяется по формуле:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (13)$$

где  $T_0$  – машинное время, мин;

$\phi_K$  – коэффициент, учитывающий оснастку.

Примем  $\phi_K$  равным 1,5, а  $T_0$  будем определять по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (14) \gg [14]$$

«Тогда окончательно получим:

$$T_0 = 0,19 \cdot 199^2 \cdot 10^{-3} = 7,60 \text{ мин.};$$

$$T_{ШТ} = 7,60 \cdot 1,5 = 11,40 \text{ мин.};$$

$$C_{ОЗ} = \frac{30,2 \cdot 11,40}{60} = 5,74 \text{ руб.};$$

$$C_{ПР} = 13,5 \cdot 23,81 + 5,74 = 327,17 \text{ руб.};$$

$$C_{МО} = (23,81 - 5,59) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 364,40 \text{ руб.};$$

$$C_{ОТХ} = (23,81 - 5,59) \cdot 0,35 = 6,38 \text{ руб.}$$

Тогда  $C_D = C_3 + C_{MO} - C_{OTX} = 685,19$  руб» [9].

«Сравним варианты исходных заготовок. Для этого определим

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_3} \quad (15)» [14]$$

«При штамповке:

$$K_{ИМ} = \frac{5,59}{8,94} = 0,62.$$

При прокате:

$$K_{ИМ} = \frac{5,59}{23,81} = 0,23» [3].$$

«Исходя из полученного результата, делаем вывод: штамповка выгоднее проката.

Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПР}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N_Г \quad (16)$$

где  $C_{Д_{ПР}}$  – стоимость детали, если заготовка получена прокатом;

$C_{Д_{Ш}}$  – стоимость детали, если заготовка получена штамповкой»

[14].

Тогда  $\mathcal{E}_Г = (685,19 - 170,98) \cdot 5000 = 2076050$  руб.

Показатель условной экономии присутствует. Это говорит о том, что получение заготовки методом штамповки является правильным решением поставленной задачи. Правильный выбор метода получения заготовки позволяет производить ее проектирование. Для механической обработки заготовки определим припуски. Для определения припусков необходимо осуществить поэтапное решение этой задачи. Первый этап состоит в определении последовательности механической обработки каждой поверхности. Необходимо учесть зависимость поверхности от ее формы, точности обработки и чистоты. При этом используются справочные данные

[16]. На следующем этапе проектирования осуществляется определение численных значений припусков на обработку. При этом обычно используется «несколько методик. Для выбранного типа производства необходимо применить расчетно-аналитический метод [21] для определения припусков на точные поверхности» [8]. Это поверхность диаметром 110f7 мм. Выходные данные показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Припуски

«Переходы	Элементы, мкм			2Z min	Td/IT	Размеры, мм		Припуск, мм	
	Rz <sup>i-1</sup>	ε <sub>уст</sub> <sup>i-1</sup>	ρ <sup>i-1</sup>			d <sup>i</sup> min	d <sup>i</sup> max	2Z min	2Z max
первый	0,160	-	1,025	-	2,8	113,67 7	116,47 7	-	-
					T3				
второй	0,050	0,440	0,062	-	0,540	110,72 6	111,26 6	5,211	5,211
					13				
третий	0,025	0,100	0,041	2,24	0,140	110,29 1	110,43 1	0,835	0,835
					h10				
четвертый	0,010	0,050	0,021	0,37	0,054	110,06 2	110,11 6	0,315	0,315
					h8				
пятый	0,005	0,030	0,010	0,12	0,035	109,92 9	109,96 4	0,152	0,152 » [1]
					f7				

На остальные поверхности данные показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Припуски на обработку поверхностей

«Операция	Поверхности	Припуск Z, мм	Обработка» [7]
005	3, 4, 5, 6	1,4	«точение
010	1, 2	1,1	точение
015	3, 4, 5, 6	1,1	точение
020	1, 2, 7	0,35	точение
025	12	0,35	шлифование
030	2, 4, 6	0,10	шлифование
065	12	0,10	шлифование
070	2, 4, 6	0,05	шлифование
075	7, 15, 16	0,05	шлифование» [1]

Для назначения табличных допусков и припусков по ГОСТ 7454-89 необходимо выбрать исходные параметры для определения исходного индекса. На рисунке 3 представлен эскиз заготовки.

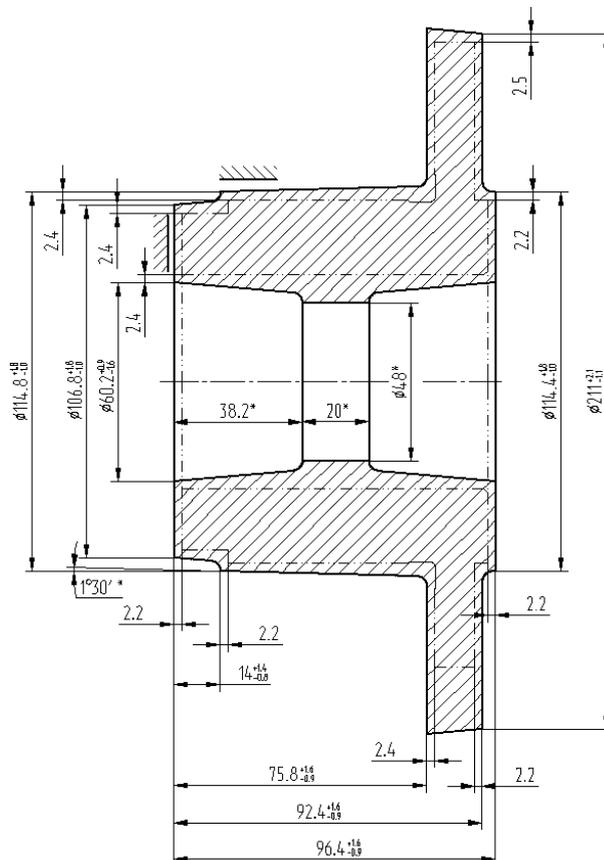


Рисунок 3 – Эскиз заготовки

С учётом указанных параметров, обработанных «поверхностей, а, именно, её конфигурации, требуемой точности по качеству и параметру качества поверхности – шероховатости, показаны технологические переходы» [7] в таблице 5. Переходы представлены в виде последовательности. После каждого перехода указывается соответствующие качество и шероховатости на данном этапе.

Таблица 5 – Методы и порядок обработки

«Поверхность	Ra, мкм	Диаметр, мм	Длина, мм	Переходы (квалитет)» [2]
1	6,3	102/65	18,5	«т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то
2	1,25	102f7	14	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то-ш(8)-ш <sub>ч</sub> (7)
3	6,3	110/102	4	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то
4	1,25	112f7	14	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то-ш(8)-ш <sub>ч</sub> (7)
5	6,3	8×0,5	8	т <sub>ч</sub> (10)-тО
6	1,25	206/110	48	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то-ш(9)-ш <sub>ч</sub> (8)
7	0,63	173/103	12	ф(13)-ф <sub>ч</sub> (10)-то-ш <sub>ч</sub> (8)-п(8)
8	6,3	206/110	48	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то
9	6,3	110	4	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то
10	6,3	110/65	22,5	т(13)-т <sub>ч</sub> (10)-то
11	6,3	1×45°	1	р <sub>ч</sub> (10)-то
12	2,5	65H7	92	с(14)-р(13)-р <sub>ч</sub> (10)-ш(8)-то-ш <sub>ч</sub> (7)
13	6,3	M12	38	с(13)-рез(7H)-то
14	6,3	1×45°	1	с(13)-то
15	1,25	10H7	12	с(13)-з(10)-раз(8)-то-ш <sub>ч</sub> (7)
16	1,25	15H7	12	с(13)-з(10)-раз(8)-то-ш <sub>ч</sub> (7)
17	6,3	10	20	ф(13)-то
18	6,3	8	20	ф(13)-то» [2]

Для заготовки «принимаем следующие параметры: оборудование – КГШП; индукционный нагрев; класс Т3; группа М2; степень С3; конфигурация П, индекс 13» [17].

«При расчете суммы объемов цилиндрических элементов заготовки получим» [13]:

$$V = 1174812 \text{ мм}^3.$$

Тогда масса штамповки равна:

$$M_{ш} = 9,21 \text{ кг};$$

$$K_{им} = \frac{5,59}{9,21} = 0,60.$$

В таблице 6 показаны технологические операции и соответствующее оборудование. В таблице 7 для каждой операции, с учётом выбранного станка, предлагаются выбранные зажимное приспособление для установки заготовки, а также режущий инструмент для всех переходов, которые показаны в таблице 5, а также представлены средства контроля для операционных измерений. При выборе оснащения, с учетом формы заготовки призматической формы,

необходимо использование специализированного наладочного оснащения с использованием типовых установочных и зажимных элементов.

Таблица 6 – Технологические операции

Номер	Название	Оборудование
005	токарная черновая	SAMAT 135 NC
010		
015		
020	токарная чистовая	
025	внутришлифовальная	3K227B
065		
030	кругло-шлифовальная	3T153F1
070		
035	фрезерная	СТЦ 50 (S500) с ЧПУ
040		
075	координатно-шлифовальная	Аэрошлиф 400
080	полировальная	3B854

Таблица 7 – СТО

«Операция»	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [3]
005, 010, 015, 020	«патрон токарный ГОСТ 2675-80	проходной резец. пластина ромбическая Т15К6 ОСТ 2И.101-83. расточной резец.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ14827-69.
025, 030	патрон цанговый ГОСТ 17200-71	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-пробка ГОСТ 14807-69. мерительное приспособление с индикатором.
035	специальное приспособление ГОСТ 12195-66. поворотный стол	концевая фреза ГОСТ 17026-71. центровочное сверло ГОСТ 14952-75. спиральное сверло ГОСТ 10903-77. зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71. машинная развертка ГОСТ 1672-80.	шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ14827-69» [4].
040		ступенчатое специальное сверло ОСТ 2И21-2-76. машинный метчик ГОСТ 3266-81. шпоночная фреза ГОСТ 9140-78.	

Продолжение таблицы 7

Операция	Приспособление	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
065	«патрон мембранный ОСТ 3-3443-76.	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-пробка ГОСТ 14807-69. мерительное приспособление с индикатором.
070	патрон цанговый ГОСТ 17200-71.		шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. приспособление мерительное с индикатором.
075	специальное приспособление ГОСТ 12195-66.		калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79. приспособление мерительное с индикатором.
080	патрон ГОСТ 2675-80.	лента полировальная	микроинтерферометр МИИ-6» [4]

## 2.2 Расчет технологической операции

На 010 токарной операции применяется оборудование – станок модели SAMAT 135 NC токарный. Инструмент выбираем из таблицы 8 – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина Т15К6. Припуск – 2 мм. Перемещение инструмента – 0,5 мм/об. «Тогда скорость резания будем рассчитывать по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot x \cdot S_y} \cdot K_U, \quad (17)$$

где выберем базовую величину  $C_U$  равную 350;

время работы одной пластины  $T$  равно 60 мин;

табличные величины степеней:  $m$  равно 0,2,  $x$  равно 0,15,  $y$  равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки  $K_U$  примем равным 0,83» [14].

Тогда

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,83 = 146 \text{ м/мин.}$$

$$\ll n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (18) \gg [14]$$

«Тогда при точении поверхности диаметром» [9] 103,4 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 103,4} = 450 \text{ мин}^{-1}.$$

«При точении поверхности диаметром» [9] 111,4 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 111,4} = 420 \text{ мин}^{-1}.$$

«При точении поверхности диаметром» [9] 208 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 208} = 220 \text{ мин}^{-1}.$$

«Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (19)$$

где  $C_P$  – коэффициент обработки равный 300 [17];

$x, y, n$  – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

$K_P$  – коэффициент коррекции.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (20)$$

где  $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$  и  $K_{rP}$  равны 0,83, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [14].

Тогда

$$\begin{aligned} P_Z &= 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 146^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \\ &= 1250 \text{ Н.} \end{aligned}$$

«Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (21) \gg [14]$$

Тогда

$$N = \frac{1250 \cdot 146}{1020 \cdot 60} = 2,98 \text{ кВт.}$$

«Выбираем оптимальные параметры режимов резания. Для этого сравним полученные результаты с паспортными данными и техническими характеристиками выбранного оборудования. Расчеты показали, что скорость резания при точении – 146 м/мин требует от обрабатывающего оборудования силу резания – 1250 Н. Это может быть достигнуто, если выбранное оборудование будет развивать обороты при точении соответственно равные 450 мин<sup>-1</sup>, 420 мин<sup>-1</sup> и 220 мин<sup>-1</sup>. Эти параметры могут установиться при обработке при минимальной мощности 2,98 кВт. У станка SAMAT 135 NC мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование оборудования возможно. Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу» [14]. На остальные операции режимы резания представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Режимы резания

«Операция»	Переход	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> об./мин	V <sub>пр</sub> м/мин [1]
005	точение Ø111	2,0	0,5	146	420	420	146
	точение Ø208	2,0	0,5	146	220	220	146
	расточка Ø63,6	2,0	0,5	132	660	660	132
010	точение Ø103,4	2,0	0,5	146	450	450	146
	точение Ø111,4	2,0	0,5	146	420	420	146
	подрезка торца до Ø208	2,0	0,5	146	220	220	146
015	точение Ø110	0,5	0,25	344	1000	1000	344
	подрезка торца до Ø208	0,5	0,25	344	530	530	344
	расточка Ø64,56	0,5	0,25	310	1530	1530	310

Продолжение таблицы 8

«Операция»	Переход	t, мм	S, мм/об.	V <sub>т</sub> , м/мин	n <sub>т</sub> , об./мин	n <sub>пр</sub> об./мин	V <sub>пр</sub> м/мин [1]
020	точение Ø102,44	0,5	0,25	344	1070	1070	344
	точение Ø110,44	0,5	0,25	344	1000	1000	344
	подрезка торца до Ø208	0,5	0,25	344	530	530	344
025	шлифовка Ø64,86	0,15	4400 0,008	25	120	120	25
030	шлифовка Ø 110,14	0,15	1,25/0,35	25	70	70	25
035	фрезеровка Ø26	8	0,9	35	430	430	35
	фрезеровка Ø26	0,5	0,3	55	670	670	55
	центровка Ø4	2	0,08	24	1900	1900	24
	сверление Ø9	4,5	0,2	28	1000	1000	28
	сверление Ø14	7	0,3	32	730	730	32
	зенкеровка Ø9,7	0,35	0,4	16	520	520	16
	зенкеровка Ø14,7	0,35	0,5	18	390	390	18
	развертка Ø9,9	0,1	0,6	11	400	400	11
	развертка Ø14,9	0,1	0,6	12	260	260	12
040	фрезеровка паза Ø10	8	0,08	25	800	800	25
	сверление Ø11	5,5	0,25	30	870	870	30
	нарезка резьбы M12	1	1	8	210	210	8
065	шлифовка Ø65	0,07	5400 0,005	35	170	170	35
070	шлифовка Ø 110	0,07	1,0/0,25	35	100	100	35

Нормы времени на операции приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Нормы времени (в минутах)

Операция	T <sub>0</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>ОП</sub>	T <sub>ОБ,О-Т</sub>	T <sub>П-З</sub>	T <sub>ШТ</sub>	n, об./мин	T <sub>ШТ-К</sub>
005	0,774	0,763	1,537	0,092	17	1,629	472	1,665
010	0,913	0,647	1,150	0,094	17	1,244		1,280
015	0,747	0,703	1,450	0,087	21	1,537		1,581
020	0,940	0,647	1,587	0,095	21	1,682		1,726
025	0,857	0,644	1,501	0,143	21	1,644		1,688
030	2,289	0,921	3,210	0,193	29	3,403		3,464
035	0,391	0,824	1,215	0,116	24	1,331		1,382
040	5,818	1,164	6,982	0,419	40	7,401		7,485
065	0,519	0,644	1,163	0,107	21	1,270		1,314
070	0,319	0,826	1,145	0,105	24	1,250		1,301
075	4,618	0,911	5,529	0,486	21	6,015		6,059
080	0,642	0,648	1,290	0,077	21	1,367		1,411

В таблице 9 обозначено «время:  $T_0$  – машинное;  $T_B$  – на управление станком;  $T_{OP}$  – операционное;  $T_{OB,OT}$  – на удаление стружки и замену инструмента;  $T_{П-З}$  – на ознакомление с чертежом;  $T_{шт}$  – штучное;  $T_{шт-к}$  – на выполнение технологической операции» [8]. На 010 токарной операции применяется оборудование – станок модели SAMAT 135 NC токарный. Инструмент выбираем из таблицы 8 – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина T15K6. Припуск – 2 мм. Перемещение инструмента – 0,5 мм/об.

В разделе показан сравнительный анализ двух методов получения заготовки и выбран более оптимальный и эффективный, проведен расчет припусков и спроектирована заготовка, разработан маршрут и последовательность обработки, показаны средства технического оснащения, а также проведен расчет режимов резания на лимитирующей операции. Полученные результаты представлены в технологической документации в Приложении А в таблице А.1.

### **3 Расчет и проектирование средств оснащения**

#### **3.1 Проектирование основного приспособления**

«Основной рабочий элемент цангового патрона – это втулка с несколькими осевыми прорезями, разделяющими втулку на лепестки. Количество прорезей – три, четыре или шесть (в зависимости от диаметра заготовки). Лепестки выполняют функции кулачков для обжима детали, вставляемой внутрь втулки. Цанги подразделяются на подающие и зажимные. При вдавливания цанги конической частью внутрь патрона прорези сужаются и возрастает сцепление. Патроны данного типа используются, как правило, для зажатия перед обработкой коротких прутков, цилиндров, втулок» [20]. «Они также применяются для надежной фиксации инструментария – фрез, сверл, наконечников гайковертов и метчиков. Подающая цанга – закаленная стальная втулка, имеющая три неполных разреза, формирующих лепестки с поджатыми друг к другу концами. Цанговые патроны часто используются при вторичном зажиме заготовки с обработанной поверхностью. Несоответствие профиля обрабатываемой детали форме цангового отверстия устраняется применением сменных вкладышей.

Для 010 операции проведем расчет при выбранных параметрах обработки цангового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке» [13]. «Ранее при проектировании 010 операции получено значение главной составляющей силы резания 1250 Н.

Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 4. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил» [15].

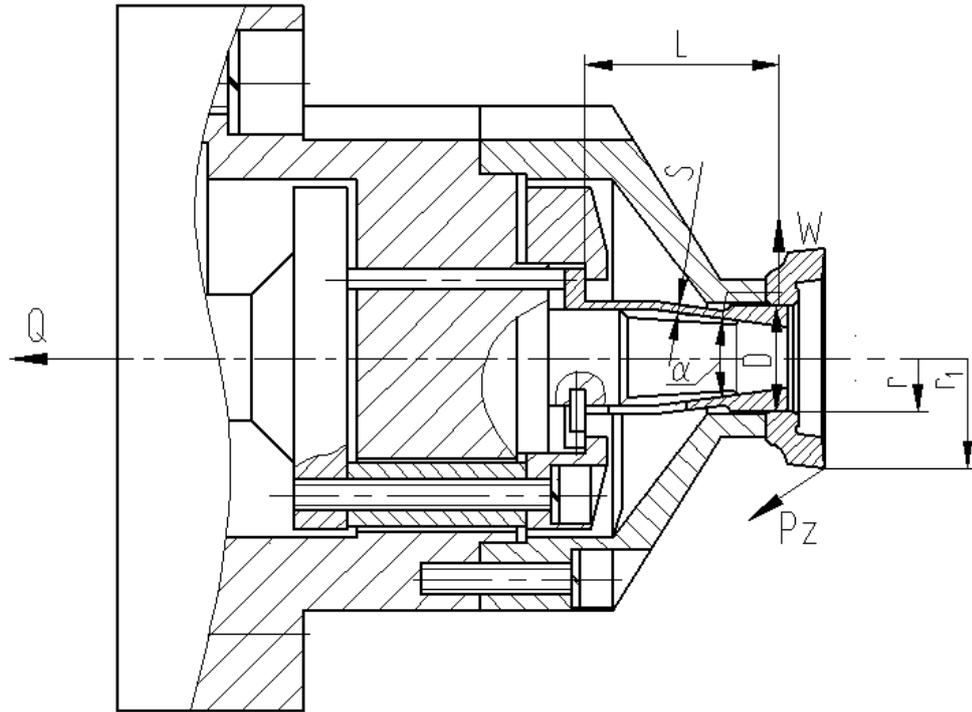


Рисунок 4 – Эскиз приспособления

Проведем «расчет силы зажима заготовки.

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot r_2}{f \cdot r_1}, \quad (22)$$

где  $K$  – запас;

$P_z$  – составляющая силы резания;

$r_1$  – радиус поверхности контакта равен 19,5 мм;

$r_2$  – радиус обрабатываемой поверхности равен 42 мм;

$f$  – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,16» [7].

«Коэффициент запаса  $K$  определим согласно [13] равным 2,16. Тогда сила зажима:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 92 \cdot 42}{0,16 \cdot 19,5} = 3096 \text{ Н.}$$

Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод

для реализации такой силы зажима заготовки:

$$Q = K \cdot (W_z + W_1) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \phi\right), \quad (23)$$

где  $K = 1,05$  [9];  $\alpha$  – «угол конуса цанги;  
 $\phi$  – угол трения между цангой и втулкой;  
 $W_1$  – сила зажима лепестков цанги» [13].

Для «расчета силы зажима трех лепестков цанги используем выражение:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{\Delta \cdot s \cdot D^3}{L^3}, \quad (24)$$

где  $\Delta$  – зазор между цангой и заготовкой;  
 $s$  – толщина лепестка цанги;  
 $D$  – диаметр лепестка цанги;  
 $L$  – длина лепестка цанги» [4].

Соответственно получим:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 19,5^3}{36^3} = 191 \text{ Н.}$$

«Тогда получим:

$$Q = 1,05 \cdot (3096 + 191) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{15^\circ}{2} + 5^\circ 50'\right) = 818 \text{ Н.}$$

Для обеспечения усилия в 818 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,4 МПа» [10].

Определим «диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (25)$$

где  $p$  – необходимое давление;

$\eta$  – КПД привода равное 0,9» [15].

Тогда «получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{818}{0,4 \cdot 0,9}} = 55,7 \text{ мм.}$$

Согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее стандартное к расчетному значение для диаметра штока 80 мм» [11].

«Ход штока поршня определим по формуле:

$$\square_{ш} = S_{Ц} \cdot i_n, \quad (26)$$

где  $S_{Ц}$  – ход лепестков цанги;

$i_n$  – передаточное число по перемещению.

$$S_{Ц} = T + \Delta_{ГАР} + \Delta S_p, \quad (27)$$

где  $T$  – допуск на размер  $\varnothing 19,5$  равен 0,084 мм;

$\Delta_{ГАР}$  – гарантированный зазор равен 0,1 мм;

$\Delta S_p$  – запас хода цанги равен 0,08 мм» [12].

Тогда «получим:

$$S_{Ц} = 0,084 + 0,1 + 0,08 = 0,26 \text{ мм;}$$

$$i_n = \text{ctg} \frac{\alpha}{2} = \text{ctg} 7,5^\circ = 7,6;$$

$$\square_{ш} = 0,26 \cdot 7,6 = 1,976 \text{ мм.}$$

Принимаем ход лепестков цанги 2 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [11].

В «графической части работы представлен чертеж станочного приспособления. Здесь на торце шпинделя станка с помощью винтов 19 крепится патрон цанговый. С помощью винтов 16 и шайб 27 крепится опора 3 на корпусе 1 патрона. Цанга 4 с помощью кольца 5 и штифта 31

устанавливается в корпусе 1 по конусу. Через втулки 6 винтами 17 с шайбами 27 к штоку 2 крепится кольцо 5. Плунжеры 7 устанавливаются в отверстия корпуса 1. Плунжеры 7 с одной стороны упираются в опору 3, с другой – в опору в шток 2. Шток пневматического цилиндра 11 присоединен с помощью муфты 8 к штоку 2» [13].

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

«Токарная обработка в предлагаемом технологическом процессе занимает практически основное время, поэтому целесообразно провести усовершенствование конструкции режущего инструмента для этого вида механической обработки. На токарных операциях используются резцы со сменными многогранными пластинами, которые имеют недостаточную надежность механического крепления к корпусу резца, что приводит к их частой замене» [21].

«Примем основные параметры для резца и пластины, которые указаны в таблицах 10 и 11.

Таблица 10 – Параметры резца

Материал	HRC	$\varphi, ^\circ$	h, мм	b, мм	$h_1, \text{мм}$	L, мм
40X	40...45	93	25	25	25	115

В таблице 10 указаны: твердость (HRC), главный угол в плане ( $\varphi$ ), рабочая высота (h), ширина державки (b), высота державки ( $h_1$ ), длина (L)» [11].

Таблица 11 – Параметры пластины

Твердый сплав	Передний угол $\gamma, ^\circ$	Задний угол $\alpha, ^\circ$
T15K6	10	5

«Предлагаемая конструкция резца представлена в графической части. Положение резца регулируется с помощью винтов 7 и 8, которые закручены в резьбовые отверстия державки 1, где располагается пластина 2. Пластина 2 закреплена на державке 1 с помощью винта 4, гайки 6 и сферической шайбы 3. На скос винта 4 давит ролик 5, который установлен в отверстии державки 1. К основанию и боковой стороне державки 1 режущую пластину 2 винт 4 поджимает головкой при отходе назад, за счет скольжения по ролику 5 при закручивании гайки 6.

Расчет показал» [9], что «величина вылета резца составляет 31 мм, Учитывая, полученное значение составляющей силы резания 1250 Н, величина изгибающего момента будет составлять 2852 Н, величина момента сопротивления изгибу  $2604 \text{ мм}^3$ , величина напряжения изгиба в державке составляет 1,1 МПа и величина допустимого напряжения на изгиб 1,1 МПа.

В разделе в результате расчетов получена требуемая технологическая документация, представленная в Приложении А» [16]. В таблице А.1 указаны технические и технологические требования.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

В качестве технического объекта, которому необходимо обеспечить безопасность и экологичность в разделе рассматривается технологический процесс изготовления обоймы исполнительного механизма. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из «оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента» [5]. Рассматриваемый технический объект предусматривает использование следующего оборудования: токарный станок SAMAT 135 NC, внутришлифовальный станок 3K227B, кругло-шлифовальный станок 3T153F1, фрезерный станок СТЦ 50 (S500) с ЧПУ, Аэрошлиф 400, полировальная машина 3B854. Также приспособления: шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007, лента полировальная, проходной резец, пластина ромбическая T15K6 ОСТ 2И.101-83, расточной резец, «концевая фреза ГОСТ 17026-71, центровочное сверло ГОСТ 14952-75, спиральное сверло ГОСТ 10903-77, зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71, машинная развертка ГОСТ 1672-80, ступенчатое специальное сверло ОСТ 2И21-2-76, машинный метчик ГОСТ 3266-81, шпоночная фреза ГОСТ» [4] 9140-78. Для наглядности в разделе будут рассматриваться наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции: сверлильно-фрезерная-расточная, агрегатная и сверлильно-долбежная-расточная. В процессе механической обработки используются в качестве материала для заготовки сталь 40Х, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с

ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали применяется двухсменного режима работы.

## **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков. Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных.

Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают:

- проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции;
- обычную и нерегулярную деятельность;
- оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии;
- инфраструктуру, сырье, материалы;
- деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей;
- условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне);
- воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы);
- происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые.

В качестве потенциальных рисков можно выделить: «неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не

соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [5]; падение предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала.

К причинам возможной реализации перечисленных рисков можно отнести: неисправность оборудования; чрезвычайная ситуация природного и техногенного характера; сон на рабочем месте/наркотическое или алкогольное опьянение, ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ (алкоголь, наркотики, психотропные, легковоспламеняющиеся жидкости и другие материалы, запрещенные к свободному обороту); психическое заболевание; пандемия. Это может привести к «травме или заболеванию вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов» [5].

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

Все потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: «точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной сигнализации и защитных блокировок» [5]; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей.

Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; «регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности.

Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [5]. А также предлагается ряд мероприятий: обучение персонала по программе обучения работников в области ГО и защиты от ЧС природного и техногенного характера; инструктаж и проверка знаний, сбор и обработка статистики, принятие оперативных и других мер; соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний; работа в дистанционном формате; введение двухсменного режима работы; организация работы резервных смен; ограничение передвижения по территории предприятия; электронное согласование документов; использование защитных средств на предприятии (масок, перчаток, антисептических средств). «Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью» [5]. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений.

Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой отопления; системой водоснабжения; системой канализации; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Наиболее вероятным источником возникновения аварийных ситуаций техногенного характера, является возникновение пожара на объекте. Пожар

возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. При пожаре возможно интенсивное дымовыделение при горении полимерных и синтетических материалов. Возможно получение ожогов и отравление продуктами горения рабочими. Задымлению будут подвергаться все помещения производственного участка при длительном горении. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи.

Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. Организация тушения пожара регламентируется приказом № 444 МЧС России от 16 октября 2017 года. Таким образом опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока.

Все помещения в производственном участке оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей ИП 212-41М. Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР. Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор «Сигнал – 20».

Пожар возможен в любом помещении производственного участка. Перекрытие устроено из металлических листов и щитов. Наружные стены и

перегородки выполнены из керамического кирпича. Толщина наружных стен 0,75 м со штукатуркой с пределом огнестойкости не менее 45 мин, стены окрашены водоэмульсионной краской. Помещение возможного места пожара имеет значительную горючую нагрузку. Пожар может распространяться в любую сторону. Огонь будет проникать через различные отверстия в конструктивных элементах здания, в следствии чего будут загораться легковоспламеняемые элементы помещений. Пламя распространяется в основном в вертикальной плоскости и в сторону открытых проемов. Наслоения пыли в вентиляционных шахтах в следствии их загорания приведут к повышению уровня задымления. Вследствие долгого действия высокой температуры от огня, может произойти нарушение целостности конструкции и обрушение перекрытия крыши над зоной пожара. Дым может проникнуть во все помещения производственного участка. Капитальные элементы помещения будут ограничивать тепловое воздействие. Тепловое облучение будет иметь большее значение вблизи очага пожара, оконных проемах, дверных проемах, возле потолка помещения, в котором происходит горение.

К причинам возможной реализации пожара можно отнести: замыкание в электросети; повышенные нагрузки при механической обработке на станках; курение в неполюженном месте; несоблюдение правил противопожарного режима; некомпетентность персонала.

Для снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима «пожарная

сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [5].

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Наиболее вероятным источником возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера является выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки.

Для снижения рисков экологического характера «на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [5].

В разделе был исследован технический объект в виде технологического процесса изготовления обоймы исполнительного механизма на безопасность. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе был предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из «оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента» [4]. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе были предусмотрены профессиональные рабочие места. Технологический процесс реализовался организационно и технически на производственном участке, который был оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали был применен двусменный режим работы. Были определены опасные и вредные производственные факторы, а также соответствующие риски их реализации. «Для снижения этих рисков были предложены мероприятия по обеспечению производственной, пожарной и экологической безопасности технического объекта в виде технологического процесса изготовления» [5] обоймы исполнительного механизма.

## 5 Экономическая эффективность работы

Используя предложенное техническое решение по совершенствованию технологического процесса, описанное в предыдущих разделах, осуществим экономические расчеты с целью подтверждения целесообразности его внедрения. Чтобы доказать экономическую эффективность технического решения необходимо произвести соответствующие расчеты в определенной последовательности. Последовательный алгоритм экономических расчетов представлен на рисунке 5.

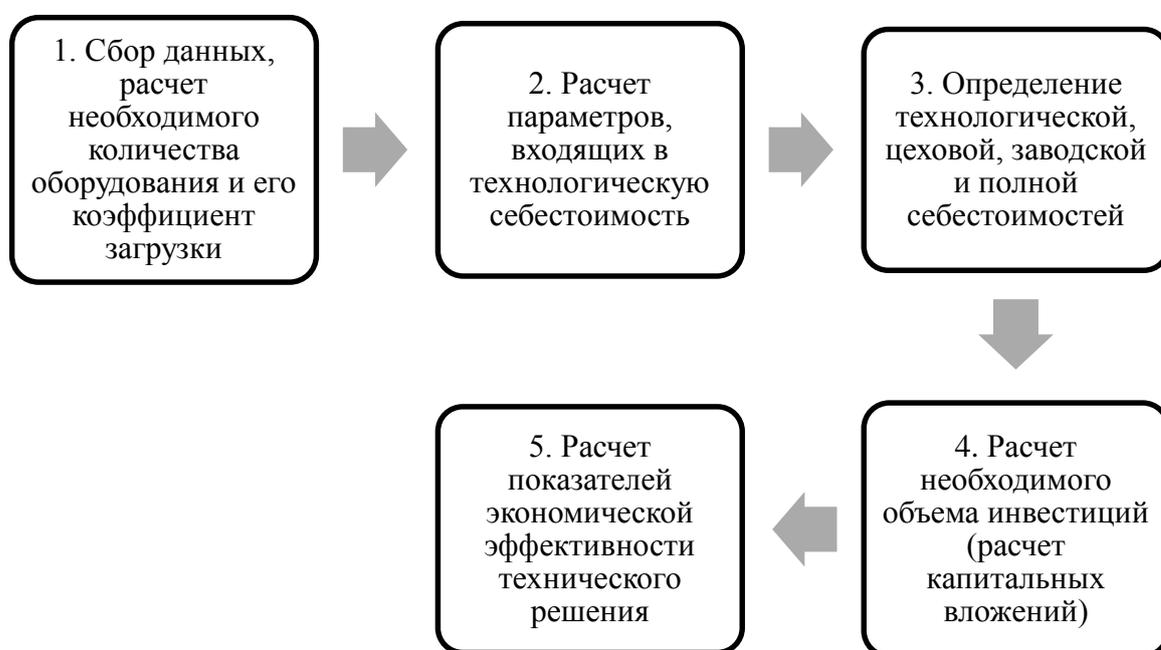


Рисунок 5 – Последовательный алгоритм экономических расчетов

Для составления алгоритма, представленного на рисунке 5, использовалось учебно-методическое пособие для выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы [6]. Выполнение каждого из перечисленных пунктов алгоритма сопровождается соответствующими расчетами, которые очень подробно описаны в этом пособии. Используя описанную методику, вычисление всех необходимых

параметров, была составлена программа расчета в системе Microsoft Excel, позволившая рассчитать все экономические показатели для написания заключения о целесообразности внедрения технического решения.

Далее необходимо, согласно алгоритму, представить полученные результаты проведенных расчетов.

В алгоритме расчета первый пункт – это сбор данных, расчет необходимого количества оборудования и его коэффициент загрузки. Этот пункт был выполнен в предыдущих разделах бакалаврской работы, именно они отвечают за разработку технологического процесса, подбор оборудования, оснастки и инструмента. Так как имеется четкое понимание используемого технического парка оборудования, соответственно известны его технические характеристики: габариты и мощность электродвигателя.

В алгоритме расчета второй пункт – это расчет параметров, входящих в технологическую себестоимость. Используя собранные данные в предыдущем пункте и необходимую методику, были определены слагаемые технологической себестоимости предложенного технического решения и базового варианта технологического процесса. Результаты расчетов, а точнее значения таких показателей как: заработная плата рабочего-оператора ( $Z_{ПЛ.ОП}$ ), заработная плата наладчика ( $Z_{ПЛ.НАЛ}$ ), социальные отчисления ( $H_{З.ПЛ}$ ) и расходы на эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ), представлены на рисунке 6.

Анализируя представленные на рисунке 6 значения, можно сказать, что внедрение технического решения позволит уменьшить величину показателей. В зависимости от параметра, благодаря предложенным изменениям, можно достигнуть его сокращения, в интервале от 14,35% до 16,06%, что в рублевом эквиваленте составляет – 0,02-1,25 рубля.

Сложив, представленные на рисунке 6 параметры, будет получено значение технологической себестоимости технического решения, так для базового варианта оно составит 14,17 рублей, а для проектного варианта – 12,06 рублей. Сокращение этой величины в проектируемом варианте составит 15,01%.

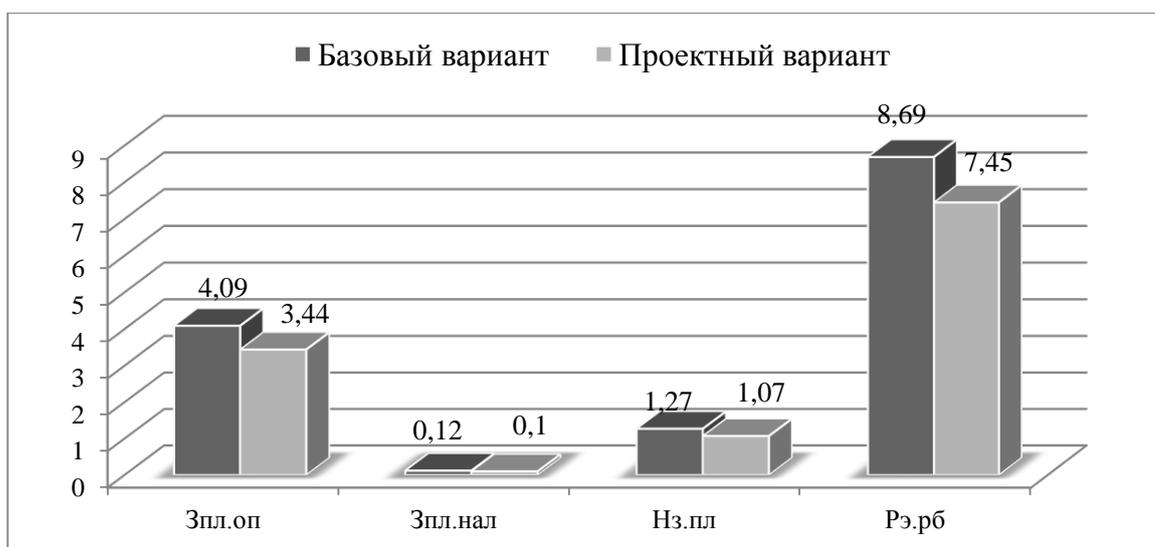


Рисунок 6 – Значения показателей, из которых складывается технологическая себестоимость технического решения, по вариантам, руб.

В алгоритме расчета третий пункт – это определение технологической, цеховой, заводской и полной себестоимостей. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением этих параметров, представлены на рисунке 7.

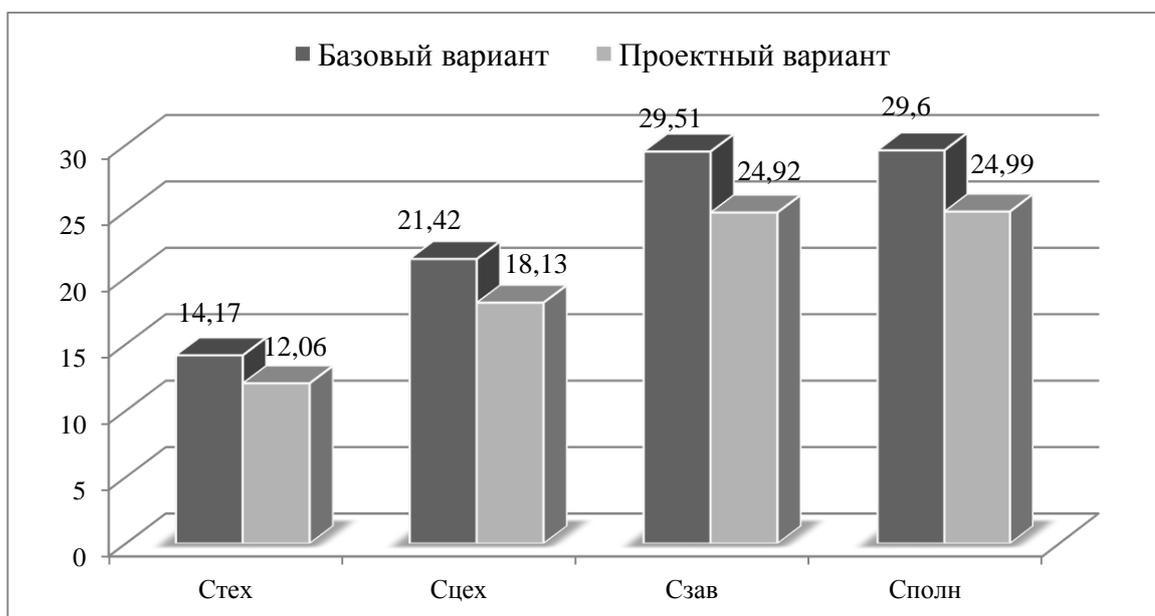


Рисунок 7 – Значение всех видов себестоимостей технического решения по вариантам, руб.

Значения, представленных на рисунке 7 параметров, в проектируемом варианте имеют тенденцию к снижению. Итоговое значение себестоимости (полной себестоимости) уменьшилось на 4,61 рублей, что составило 15,57%.

В алгоритме расчета четвертый пункт – это расчет необходимого объема инвестиций (расчет капитальных вложений). Данный пункт предполагает определение величины необходимого финансового обеспечения для воплощения технического решения. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением объема инвестиций, включающих затраты на: проектирование ( $Z_{пр} = 33162,72$  руб.), корректировку управляющей программы ( $K_A = 9687,79$  руб.) и величину незавершенного производства ( $НЗП = 24,3$  руб.), образовавшуюся в результате внедрения технического мероприятия, представлены на рисунке 8.

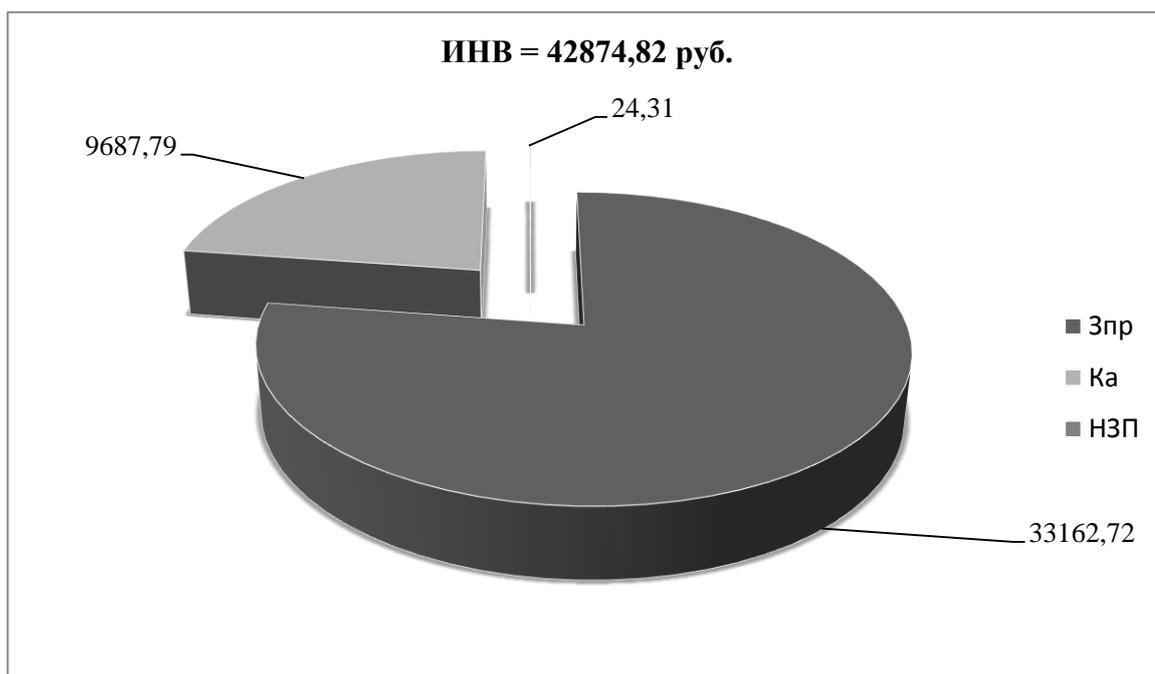


Рисунок 8 – Объем необходимых инвестиций для воплощения технического решения, руб.

Как видно из рисунка 8, наиболее финансово затратным является статья «затраты на проектирование», которая составляет 77,35% от общего объема инвестиций.

В алгоритме расчета пятый пункт – это расчет показателей экономической эффективности технического решения. Параметры, которые определяются в результате выполнения этого пункта, представлены на рисунке 9.

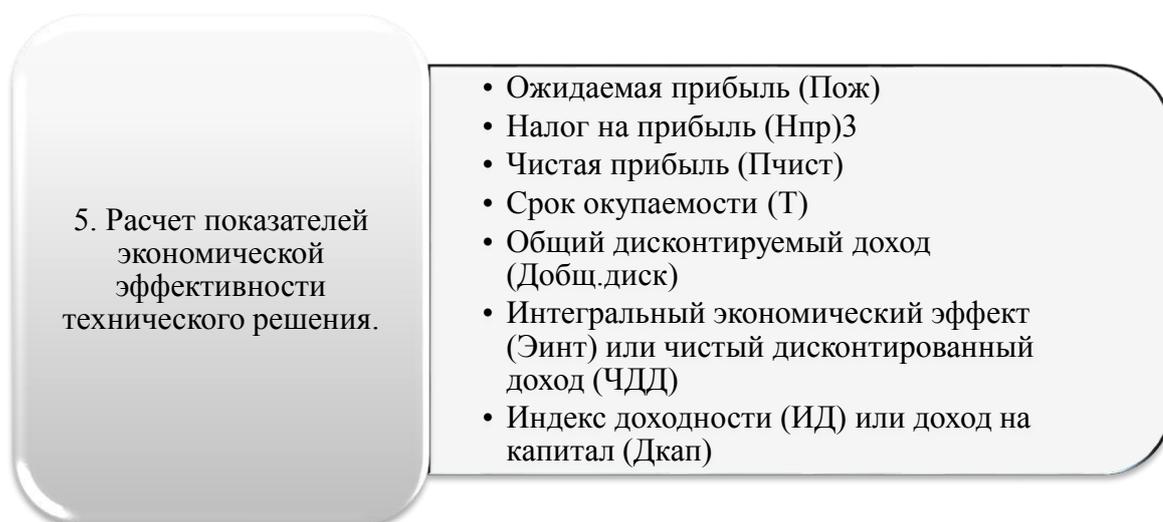


Рисунок 9 – Экономические показатели, определяемые в пункте 5 алгоритма экономических расчетов

Все эти показатели определяются последовательно друг за другом, то есть каждый последующий показатель использует значения предыдущего. Из всех перечисленных параметров, для того чтобы написать вывод о целесообразности внедрения технического решения, наибольший интерес представляет интегральный экономический эффект, а точнее знак («плюс» или «минус») перед этим значением. Другими словами, чтобы воплощать техническое решение, необходимо получить положительное значение интегрального экономического эффекта.

Проведя все необходимые расчеты, соответствующие пункту 5 алгоритма, было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 7341,88 рублей. Это значит, что предложенное техническое решение достойно быть внедренным.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе была разработана технология изготовления обоймы исполнительного механизма для условия среднесерийного производства. Был проведен анализ конструкции обоймы исполнительного механизма на технологичность. Выявлены основные особенности, которые приводят к снижению технологичности на этапах получения заготовки и ее обработки. Проведен также технический анализ требований чертежа. Спроектирована технология для выбранного по массе и годовому объему выпуска среднесерийному типу производства. В качестве заготовки обоймы исполнительного механизма использована штамповка. Сравнивались два способа получения заготовки – штамповка и прокат. С учетом исходной заготовки и требований чертежа спроектирована маршрутная технология обработки группы поверхностей – цилиндрической направляющей части – отверстия, установочной резьбы, плоскостей с резьбовыми и направляющими отверстиями под штифты, а также мелких конструктивных элементов в виде канавок и фасок. Технология отличается последовательностью переходов, выполняемых на высокопроизводительном автоматизированном оборудовании, таком как токарно-винторезный станок SAMAT 135 NC, позволивший реализовать принцип проектирования операций по концентрации переходов. Это обеспечило также максимальную точность расположения обработанных поверхностей. Для реализации технологии спроектировано зажимное приспособление. Для обработки выбраны технологические базы, а также режущий инструмент, обеспечивающий высокопроизводительную обработку отверстия. Также для разработанной технологии предложены меры по снижению влияния вредных условий труда. Совершенствование режущего инструмента позволило повысить экономическую эффективность процесса.

## Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.

12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
14. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
16. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
17. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
19. Aghdam A.B. On the correlation between wear and entropy in dry sliding contact / A.B. Aghdam, M.M. Khonsari. – Wear, 2011. № 270(11-12) – pp. 781–790.
20. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.
21. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.

















