

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 корпуса отсекателя

Обучающийся

М.В. Пустовитов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант(ы)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Пояснительная записка содержит пять разделов, в которых предлагается решение соответствующих технических и технологических решений для совершенствования и модернизации технологического процесса. Для реализации поставленной цели в работе проведено:

- исследование технологического процесса изготовления детали, применяемого оборудования и приспособления;
- рассмотрены особенности технологического процесса изготовления детали и выбраны пути его совершенствования;
- проанализированы отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделаны выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса;
- проанализирован базовый технологический процесс и исследованы пути его совершенствования; выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; проведен анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства;
- проведен анализ применяемого оборудования;
- произведен анализ применяемого приспособления; выявлены станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявлены приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности;
- произведен анализ применяемого режущего инструмента; произведен анализ режимов резания;
- произведен анализ и расчет контрольного приспособления.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	11
2 Технология изготовления детали.....	13
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	13
2.2 Расчет технологической операции.....	23
3 Расчет и проектирование средств оснащения.....	26
3.1 Проектирование основного приспособления.....	26
3.2 Проектирование вспомогательного приспособления.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	39
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	50

## Введение

Технологические процессы, содержащие целенаправленные решения по корректировке и установлению состояния трудовых орудий, есть главная часть производственного процесса. Во время осуществления технологических процессов выполняется корректировка геометрических размеров, а также форм, свойств трудовых предметов физического и химического типа. Процессы делятся на главные, сопутствующие, сервисные и неосновные хозяйства в соответствии с их масштабом и производственной функцией. Технологические процессы, которые производят основной набор продуктов, выпускаемых предприятием. В значительной степени от слаженной работы производственных объектов (вспомогательного и обслуживающего типов), на которые возложена задача оптимального снабжения основного производства оборудованием, материалами и так далее [24], зависит своевременное и надежное выполнение непосредственно основного типа производства. В производственной области автоматизированной продукции остаётся тенденция к соединению главных и процессов сервисного типа.

Начиная с конца семидесятых и начала восьмидесятых годов двадцатого века в машиностроении начинают в большом количестве внедряться станки с ЧПУ. При внедрении наряду с увеличением производительности стали проявляться проблемы с привязкой и настройкой инструмента. Которые, несмотря на увеличение скорости обработки и повышение качества изготовления, выливались в серьёзные потери времени при предварительной настройке оборудования перед работой [23].

Разработчики станочного оборудования не оставили без внимания эту проблему. Решить эту задачу на необходимом уровне позволило появление в конце девяностых годов двадцатого века электронно-вычислительных машин с встроенными базами данных инструмента, используемого в производстве и интеграцию их в процесс предварительной размерной настройки инструмента, модернизировав при этом и приборы измерения, дополнив их функционал

возможностью получения, обмена и хранения данных о инструменте и возможности передачи их непосредственно на станок в управляющий блок ЧПУ. На основе этого оборудования вначале за рубежом, а потом и в России стала внедряться автоматизированная система управления инструментом, или по-другому системы «tool менеджмента», с автоматизированным учётом оборотного инструмента. Приборы для размерной настройки инструмента вне станка практически не претерпели больших изменений в плане механической части. А, именно, во многом остаются без изменений системы крепления инструмента для проведения измерений, системы микрометрических подач, станины приборов. Процесс модернизации шёл по пути интеграции электронных средств измерения в приборы, и создания программного обеспечения для работы с прибором и обменом данными с базами накопителей и обслуживаемыми станками. 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» [18] «корпуса» отсекающего, использовать при обработке детали высокопроизводительное оборудование и специальную технологическую оснастку.

## 1 Анализ объекта проектирования

### 1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Рассматриваемая деталь «Корпус» предназначена для точного позиционирования функциональных составляющих элементов отсекателя, фрагмент которого представлен на рисунке 1 и дальнейшей их работы посредством пневматического привода через поворотные кулачки. Анализ служебного назначения рассматриваемой детали необходим для проектирования порядка и методов механической обработки поверхностей с соблюдением назначенных требований по точности и шероховатости.

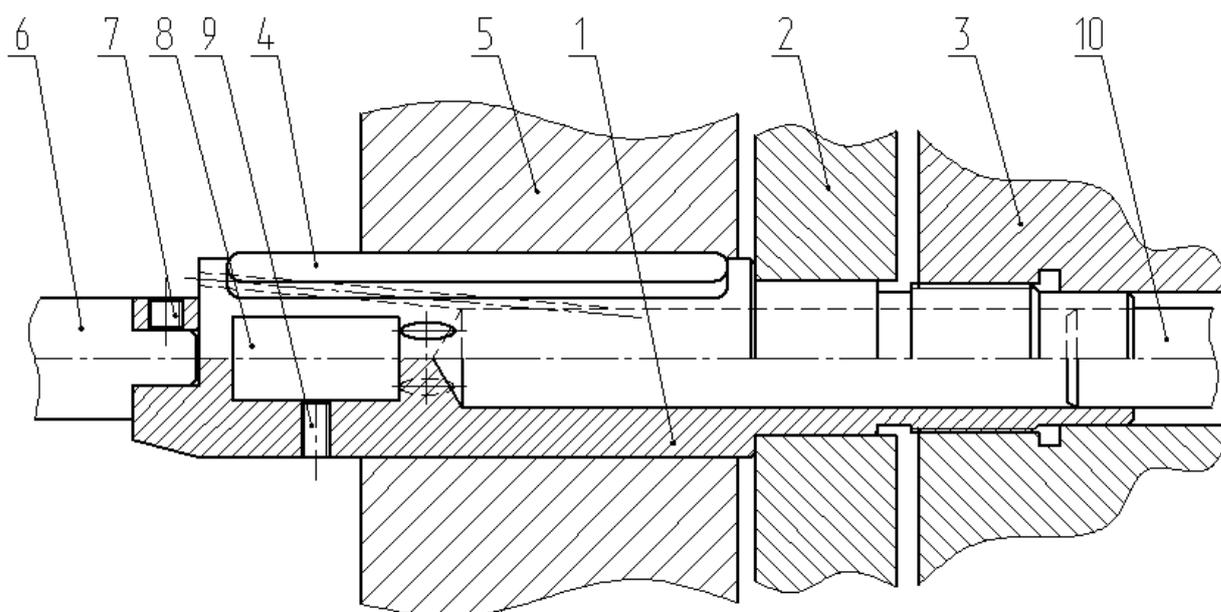


Рисунок 1 – Фрагмент узла

В торец плиты 2 упирается корпус 1 отсекателя. Фланец 3 расположен справа корпуса 1 отсекателя. Посредством шпонок 4 в корпусе установлена втулка 5. С торца корпуса 1 отсекателя с помощью винтов зафиксирована ось 6. В радиальном отверстии корпуса 1 отсекателя установлена планка 8,

которая крепится с помощью винта 9. Также справа от корпуса 1 располагается шуцер 10.

Рассматриваемая деталь в плане функциональных своих особенностей представляет собой базовую деталь. Она предназначена для установки других составляющих элементов и сборочных единиц. Причем все составляющие элементы должны сохранять точность своего позиционирования как в статическом положении, так и в процессе работы отсекающего под нагрузкой. Исходя из предъявляемых требований, корпус должен иметь соответствующую геометрическую точность при изготовлении и характеризоваться соответствующей жесткостью. При этом должно обеспечиваться отсутствие вибраций и правильность функционирования, сохранение относительного положения в пространстве сопрягающихся деталей и узлов.

При анализе технологичности конструкции детали следует рассмотреть соответствие «конструкции детали ее служебному назначению» [15], 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. 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.

Выбираем материал заготовки «сталь 40Х по ГОСТу 4543-2016, химический состав и физико-механические свойства которого представим в таблицах 1 и 2» [22].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	C	P	S	Ni	Si	Cu	Cr	Mg
Содержание, %	0,36-0,44	0,035	0,035	0,3	0,17-0,37	0,3	0,8-1,2	0,5-0,8

Здесь указаны: C – углерод, Si – кремний, P – фосфор, Ni – никель, Cr – хром, Cu – медь, S – сера, Mg – магний.

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Сортамент	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, кДж/м <sup>2</sup>	НВ
поковка	345	590	18	45	59	217
пруток	940	800	13	55	85	

Здесь показаны физико-механические параметры материала, значения которых присутствуют в таблице: предел пропорциональности, относительное удлинение при разрыве и твердость.

Нумерация поверхностей для их классификации представлена на рисунке 2.

Проведем классификацию и систематизацию пронумерованных поверхностей для дальнейшей механической обработки рассматриваемой детали (таблица 3).

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид	Номера поверхностей
ОКБ	5, 6
ИП	10, 17, 21, 22
ВКБ	9, 13, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
СП	все остальные

Здесь обозначено: «ИП – исполнительные поверхности, ОКБ – основные конструкторские базы, ВКБ – вспомогательные конструкторские базы» [16], СП – свободные поверхности.

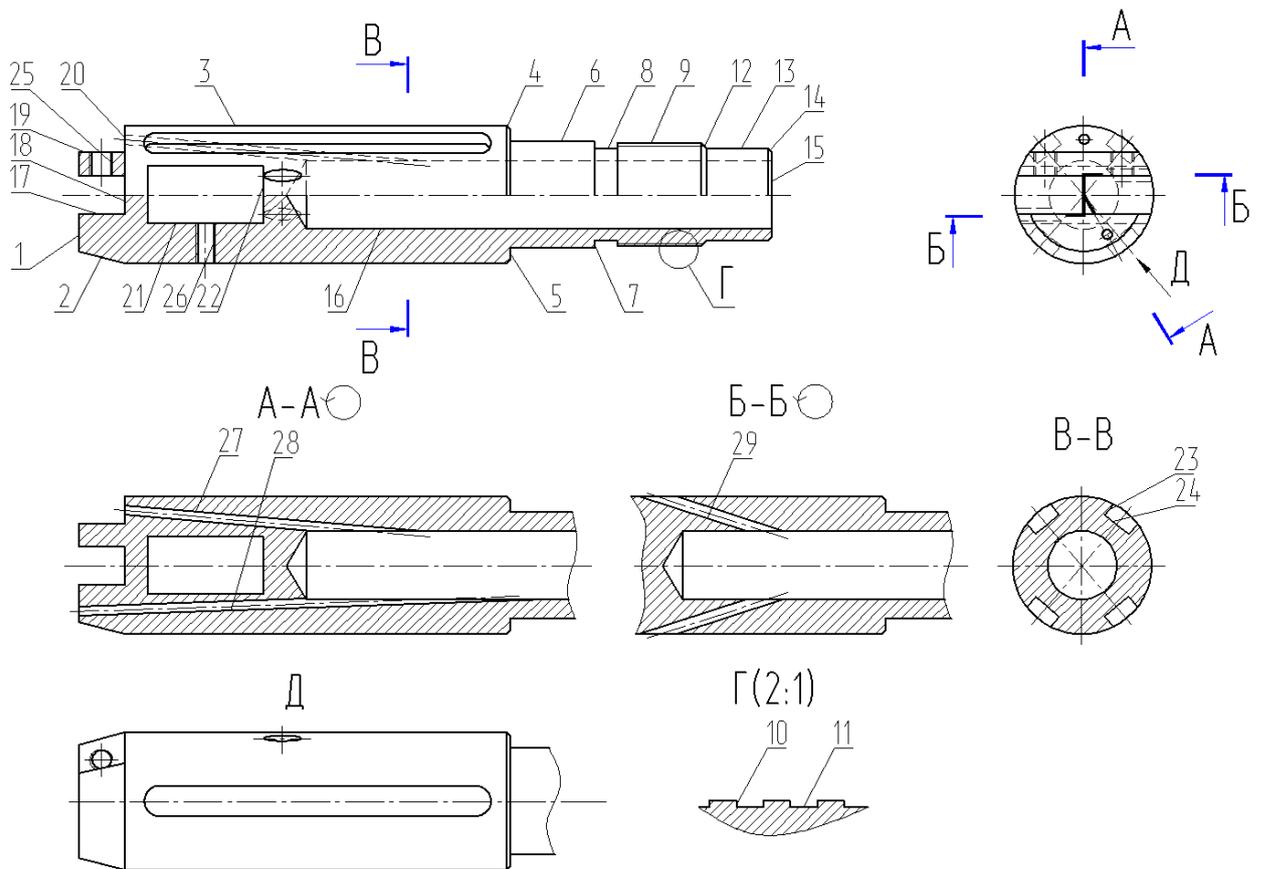


Рисунок 3 – Нумерация поверхностей корпуса

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.

Основным недостатком базового технологического процесса является отсутствие станков с ЧПУ, что 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 базовом технологическом процессе частично отвечает основным принципам технологии машиностроения.

В ходе анализа загрузки оборудования в базовом технологическом процессе установлено, что оборудование используется не в полной мере. В ходе рассмотрения причин не полной загрузки установлено, что оно простаивает из-за частых поломок, причиной является недостаточное количество проведения периодических осмотров и ремонтов. Периодические осмотры позволяют оперативно выявить и устранить изношенные рабочие органы станка, что позволяет уменьшить количество браков. 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 технологические операции механической обработки в зависимости от применяемого оборудования и функциональных назначений поверхностей детали.

При проведении качественной оценки выявлены, так называемые, нетехнологичные поверхности. В силу их труднодоступности получить необходимую точность и чистоту довольно проблематично. Стенки корпуса имеют относительно небольшую толщину, поэтому на последней технологической операции, где осуществляется одновременно обработка с двух сторон, возможно существенное нагревание детали. Тогда вследствие коробления возможен выход размеров, полученных ранее из поля допуска.

При проведении количественной оценки были получены следующие результаты: значение коэффициента унификации конструктивных элементов (отношение числа унифицированных поверхностей к общему числу поверхностей) равно 0,42. Это можно объяснить тем, что рассматриваемая деталь имеет несколько геометрически сложных поверхностей, которые характерны для малой номенклатуры деталей и не поддаются унификации; значение коэффициента точности обработки (отношение суммы установленных техническими требованиями квалитетов на обрабатываемые поверхности к числу поверхностей) равен 5,7; значение коэффициента

чистоты обработки детали (отношение суммы показателей шероховатости обрабатываемых поверхностей к числу поверхностей) равно 8,25.

Таким образом можно сделать вывод, что деталь для среднесерийного производства является нетехнологичной, но в качестве учебного задания разработка технологического процесса ее изготовления возможна.

## **1.2 Формулировка задач работы**

В ходе проведенного анализа предлагаемых в задании исходных данных для совершенствования технологического процесса изготовления корпуса патрубка следует решить ряд взаимовытекающих друг из друга в порядке решения технических и технологических задач, сформулировать которые можно следующим образом:

- изучить технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления;
- рассмотреть особенности технологического процесса изготовления детали и выбрать пути его совершенствования;
- проанализировать отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделать выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса;
- 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;
- произвести анализ и расчет контрольного приспособления.

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. 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 и выбрать наиболее экономичный способ на основе технико-экономического анализа. Далее необходимо спроектировать план изготовления детали; выбрать средства технологического оснащения и спроектировать технологические операции. После этого необходимо спроектировать более совершенное станочное приспособление и режущий инструмент. В заключении необходимо сделать выводы о проделанной работе в соответствии с решенными задачами и сформулировать рекомендации по дальнейшему совершенствованию.

## 2 Технология изготовления детали

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

Определяем тип производства как среднесерийное, так как имеем по заданию массу детали равную 1,02 килограмма, программу выпуска 5000 деталей в год, а также двусменный график работы. В технологическом процессе будем использовать универсальное оборудование и специализированные станки. В качестве оснащения будем использовать универсальное или специализированное приспособление. Оборудование будем расставлять по ходу технологического процесса с возможностью периодической переналадки для обработки других деталей. В маршрутно-операционном проектировании будем использовать табличные значения припусков, режимов резания и норм времени. Аналитически проведем расчет этих значений только для обработки некоторых поверхностей. Для объективного сравнения при выборе метода получения заготовки рассмотрим несколько методов получения заготовки: штамповкой, поковкой или с помощью проката. При сравнении проведем расчет технологической себестоимости обоих выбранных методов с помощью известной методики [6].  
 $M_{III}$  «при штамповке определяется:

$$M_{III} = M_D \cdot K_P, \quad (1)$$

где  $M_D$  – масса, кг;

$K_P$  равен 1,65» [16].

$$M_{III} = 1,02 \cdot 1,4 = 1,43 \text{ кг.}$$

Определим массу заготовки, полученной с помощью проката:

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

где  $V$  – объем, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность, кг/мм<sup>3</sup>» [16].

Рассчитаем объемные габариты детали

$$\ll d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{max}} \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$  – максимальный диаметр.

Пусть  $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$  равен 38 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}}, \quad (4)$$

где  $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$  – максимальный размер.

$$l_{\text{ПР}} = 180 \cdot 1,05 = 189 \text{ мм.}$$

Пусть  $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$  равен 189 мм» [17].

Тогда:

$$\ll V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}}. \quad (5)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot 38^2 \cdot 189 = 214239 \text{ мм}^3.$$

Получим массу заготовки:

$$M_{\text{ПР}} = 214239 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 1,69 \text{ кг}$$

Определять метод получения заготовки будем по минимальной себестоимости [6]:

$$C_{\text{Д}} = C_3 + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (6)$$

где стоимость  $C_3$  – заготовки;

$C_{\text{МО}}$  – механической обработки;

$C_{\text{ОТХ}}$  – 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» [16].

«Примем согласно [6]  $C_B$  равным 11,2 руб./кг,  $K_T$  равным 1,0,  $K_{СЛ}$  равным 0,89,  $K_B$  равным 1,29,  $K_M$  равным 1,18 и  $K_{П}$  равным 1,0» [6].

Тогда

$$C_3 = 11,2 \cdot 1,43 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 21,70 \text{ руб.}$$

«Определим удельные затраты по формуле:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K \text{» [6]} \quad (8)$$

Пусть  $E_H$  равно 0,16,  $C_C$  равно 15 руб./кг и  $C_K$  равно 35 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (1,43 - 1,02) \cdot (15 + 0,16 \cdot 35) = 8,45 \text{ руб.}$$

$C_{ОТХ}$  является возвратной величиной и определяется с помощью выражения:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot Ц_{ОТХ} \quad (9)$$

«Принимаем  $Ц_{ОТХ}$  равной 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{ОТХ} = (1,43 - 1,02) \cdot 0,35 = 0,14 \text{ руб.}$$

Окончательно получим из (6)» [1]:

$$C_D = 21,7 + 8,45 - 0,14 = 30,01 \text{ руб.}$$

«Далее определим стоимость заготовки, полученной из проката по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (10)$$

где  $C_{МПР}$  – стоимость 1 кг материала проката 16 руб./кг;

$C_{ОЗ}$  – отрезка, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (11)$$

где  $C_{ПЗ}$  – затраты на рабочем месте 31 руб./ч

$T_{ШТ}$  определяется:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (12)$$

где  $T_0$  – машинное время, мин;

$\phi_K$  – серийность» [16].

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

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{ПР}^2 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

Согласно (10 – 13) получим:

$$C_{ПР} = 16 \cdot 1,69 + 0,2 = 27,24 \text{ руб.}$$

$$C_{ОЗ} = \frac{31 \cdot 0,40}{60} = 0,2 \text{ руб.}$$

$$T_{ШТ} = 0,27 \cdot 1,5 = 0,40 \text{ мин.}$$

$$T_0 = 0,19 \cdot 38^2 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ мин.}$$

$$C_{МО} = (1,69 - 1,02) \cdot (15 + 0,16 \cdot 35) = 13,80 \text{ руб.}$$

$$C_{ОТХ} = (1,69 - 1,02) \cdot 0,35 = 0,24 \text{ руб.}$$

$$C_D = 27,24 + 13,80 - 0,24 = 40,80 \text{ руб.}$$

Проведем сравнение заготовок. Для этого определим

$$K_{ИМ} = \frac{M_D}{M_3} \quad (14)$$

Штамповка:

$$K_{ИМ} = \frac{1,02}{1,43} = 0,71.$$

Прокат:

$$K_{ИМ} = \frac{1,02}{1,69} = 0,60.$$

Видим, что «штамповка выгоднее проката» [10].

«Определим годовой экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{Д_{ПР}} - C_{Д_{Ш}}) \cdot N_Г \quad (15)$$

где  $C_{Д_{ПР}}$  – стоимость детали (заготовка получена прокатом);

$C_{Д_{Ш}}$  – стоимость детали (заготовка получена штамповкой)» [16].

Тогда получим:

$$\mathcal{E}_Г = (40,80 - 30,01) \cdot 5000 = 53950 \text{ р.}$$

Условная экономия присутствует. Значит 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. Последовательность методов обработки поверхностей указаны в таблице 4. Припуски на диаметральный размер 28 мм указаны в таблице 5, а методы обработки остальных поверхностей в таблице 6.

Таблица 4 – Последовательность методов обработки

Поверхности	Последовательность обработки	$R_a$	$IT$	$K_T$
6	т( $R_a$ 12,5; $IT$ 13), тч( $R_a$ 6,3; $IT$ 10), ш( $R_a$ 3,2; $IT$ 9)	3,2	9	3,4
13	т( $R_a$ 12,5; $IT$ 13), тч( $R_a$ 6,3; $IT$ 10), ш( $R_a$ 1,6; $IT$ 6)	3,2	6	3,4
1, 2, 3, 5, 12, 15	т( $R_a$ 12,5; $IT$ 13), тч( $R_a$ 6,3; $IT$ 10)	6,3	14	2,2
4, 7, 8, 14	тч( $R_a$ 6,3; $IT$ 10)	6,3	14	1,2
16, 27-29	с( $R_a$ 6,3; $IT$ 13)	6,3	14	1,2
19, 20, 23, 24	ф( $R_a$ 6,3; $IT$ 13)	6,3	14	1,5
9	т( $R_a$ 12,5; $IT$ 13), тч( $R_a$ 6,3; $IT$ 10)	3,2	11	2,2
10, 11	рн( $R_a$ 3,2; $IT$ 10)	3,2	11	1,2
21	ээ( $R_a$ 3,2; $IT$ 7)	3,2	7	3,0
22	ээ( $R_a$ 3,2; $IT$ 10)	3,2	11	3,0
25, 26	с( $R_a$ 6,3; $IT$ 13), рн( $R_a$ 6,3; $IT$ 9)	6,3	9Н	2,4
17, 18	ф( $R_a$ 6,3; $IT$ 13), ф( $R_a$ 3,2; $IT$ 10)	3,2	14	2,5

В таблице 4 обозначено: т – черновое точение; тч – чистовое точение; рн – резбонарезание; ф – фрезерование; с – сверление; ш – шлифование; ээ – электроэрозионная обработка.

Таблица 5 – Припуски при обработке  $\varnothing 28$  мм

«Переходы»	Элементы, мкм			$2Z_{min}$	Td/IT	Размеры, мм		Припуск» [4]	
	a	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	$\rho^{i-1}$			$d^i_{min}$	$d^i_{max}$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
первый	0,360	-	0,666	-	1,4 Т3	30,796	32,196	-	-
второй	0,100	0,380	0,040	2,2 54	0,33 IT13	28,542	28,872	2,254	3,324
третий	0,050	0,090	0,027	0,3 97	0,084 IT10	28,145	28,229	0,397	0,643
четвертый	0,025	0,040	0,013	0,1 97	0,052 IT6	27,948	28,000	0,197	0,229

Таблица 6 – Методы обработки остальных поверхностей

Операция	Обработка	Поверхности
005	точение	1, 3, 2
010	точение	5-7, 9, 12, 13
020	точение	1, 2, 3
025	точение	4-15
030	шлифование	6, 13
035	фрезерование	17, 18, 20, 29, 23, 24

Согласно [8] принимаем: КГШП, индукционный нагрев, Т3, М2, С2, П. Остальные технические требования «представлены в графической части работы. На рисунке 4 представлен эскиз заготовки» [9].

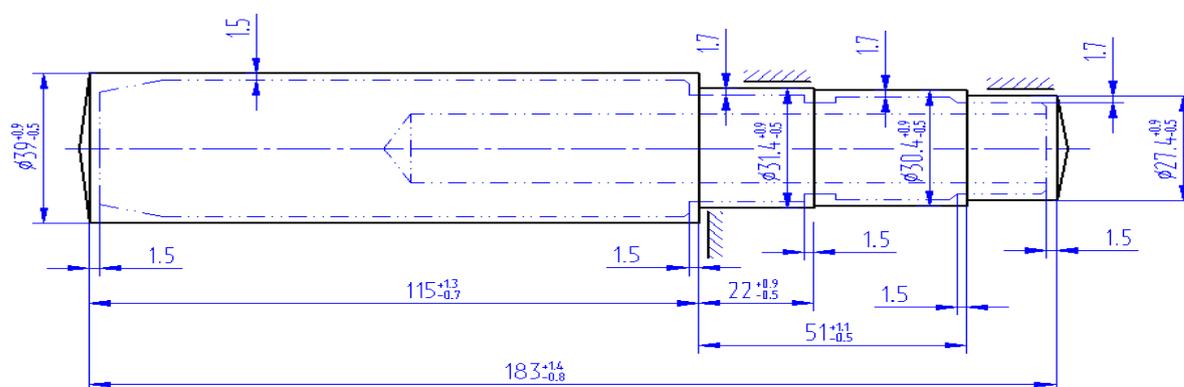


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

На основе рекомендаций и справочных данных [13] необходимо сформировать маршрут изготовления детали для дальнейшей разработки плана изготовления. Для формирования маршрута изготовления при выбранном типе производства необходимо учитывать принципы концентрации и дифференциации технологических переходов. Учитывая особенности изготавливаемой детали за основу возьмем принцип концентрации технологических переходов, что в итоге должно привести к сокращению времени на обработку за счет максимального использования потенциала выбранного оборудования. В таблице 7 представлены технологические операции – номера, наименования и выбранное

оборудование для их реализации.

Таблица 7 – Технологические операции

Номер операции			
005, 010, 020, 025	030	035	040
Наименование операции			
токарная	кругло-шлифовальная	фрезерно-расточная	электроэрозионная
Оборудование			
SAMAT-135NC	ЧПУ КШ-3CNC	ЧПУ СТЦ Ф45	СКЭКП4525

В таблице 7 также представлено используемое на технологических операциях оборудование, которое потребуется для формирования плана изготовления, где необходимо указать предлагаемые схемы базирования на эскизах, определить технические требования и указать операционные размеры. Указание операционных размеров будет зависеть от используемого оборудования и принятых схем базирования [16].

В таблице 8 представлен сформированный технологический маршрут обработки детали.

Таблица 8 – Маршрут обработки

«Операция	Базы	Поверхности	Ra	IT» [11]
005	5, 6	1-3	12,5	13
010	1, 3	5-7, 9, 12, 13	12,5	13
020	5, 6	1-3	6,3	10
025	1, 3	4-8, 12-15	6,3	10
		9-11	3,2	10
030	1, 3	6	1,6	9
		13	1,6	6
035	1, 6, 13	17	3,2	10
		18, 19, 20, 23, 24	6,3	13
		16, 27, 28, 29	6,3	13
		25, 26	6,3	9H
		21, 22	6,3	13
		21 (центровка)	3,2	7
040	17, 6	21	3,2	7
	13, 1	22	3,2	10

Этап проектирования, на котором происходит выбор оборудования, технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента во многом

является ключевым, поэтому от него зависят технико-экономические показатели всего технологического процесса в целом. На этом этапе проектирования следует учесть тип производства, методы обработки на технологических операциях на основе принципа концентрации переходов. А также возможность использования нормализованных и стандартизированных средств оснащения, необходимость механизации и автоматизации операций, необходимость применения прогрессивных конструкций оснастки и необходимость применения современных инструментальных материалов режущего инструмента, экономические показатели. В таблице 9 представлены результаты этого выбора.

Таблица 9 – Выбор СТО

«Операция	Оборудование	Оборудование	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
005	SAMAT-135NC	3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80	проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83	шаблон ГОСТ 2534-73
010	SAMAT-135NC	3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80	ромбическая пластина, Т5К10, покрытие (Ti,Cr)	калибр-скоба ГОСТ 18355-73
020	SAMAT-135NC	цанговый патрон токарный ГОСТ 17200-71	проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83. пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
025	SAMAT-135NC	цанговый патрон токарный ГОСТ 17200-71	резьбовой резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83. резьбовая пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
030	ЧПУ КШ-3СNC	цанговый патрон ГОСТ 17200-71	круг шлифовальный 91А F60 М ГОСТ Р 52781-2007	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-73 приспособление мерительное» [4]

Продолжение таблицы 9

Операция	Оборудование	Оборудование	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
035	ЧПУ СТЦ Ф45	самоцентрирующее специализированное наладочное поворотное приспособление с пневмоприводом	центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5 специальное ступенчатое сверло ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5 сверло спиральное ГОСТ 10903-77 Р6М5К5 цельный зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71 Р6М5К5 шпоночная фреза ГОСТ 9140-78 Р6М5К5 Машинный метчик М5; М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5К5 машинная развертка цельная с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 1672-80 Р6М5К5	калибр-скоба ГОСТ 18355-73 шаблон ГОСТ 2534-79
040	СКЭКП4525	специализированное наладочное приспособление с пневмоприводом ГОСТ 12195-66	графитовый электрод	шаблон ГОСТ 2534-73
045	4407			
050	Машина моечная			

Маршрутные и операционные карты, представленные в приложении, содержат данные из таблицы 9 в виде необходимых сведений, соответствующих конструкторско-технологической документации. Проведенный анализ режущего инструмента и технологической оснастки позволяет сделать вывод, что некоторая их часть требует отдельного проектирования.

## 2.2 Расчет технологической операции

На 020 токарной операции применяется оборудование – станок модели SAMAT-135NC токарно-винторезный. Инструмент выбираем из таблицы 6. – проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83, пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si). Припуск – 0,4 мм. Перемещение инструмента – 0,25 мм/об. «Тогда скорость резания будем рассчитывать по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (16)$$

где выберем базовую величину  $C_U$  равную 420 [12];

работа одной пластины  $T$  равно 60 мин;

$m$  равно 0,2;  $x$  равно 0,15;  $y$  равно 0,20 [16];

$K_U$  примем равным 1,27» [16].

Тогда

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,27 = 356 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (17)$$

Тогда

$$n = \frac{1000 \cdot 356}{3,14 \cdot 36} = 3100 \text{ мин}^{-1}.$$

«Составляющая силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (18)$$

где  $C_P$  – коэффициент обработки равный 300 [12];

$x, y, n$  – соответственно равны 1,0, 0,75, 0,15;

$K_P$  –коррекция.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (19)$$

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» [16].

Тогда

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 356,1^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 131 \text{ Н.}$$

«Определим необходимую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (20)$$

Тогда

$$N = \frac{131 \cdot 356}{1020 \cdot 60} = 0,76 \text{ кВт.}$$

У станка SAMAT-135NC мощность намного выше и равна 6 кВт, то есть использование выбранного оборудования оправдано. Режимы резания на остальных операциях представлены в таблице 10» [16].

Таблица 10 – Режимы резания

Операция	S, мм/об	t, мм	V, м/мин	n, об/мин
005	0,5	1,1	160	2000
	0,5	1,1	160	1750
010	0,5	2,0	146	1250
	0,5	1,1	160	1400
020	0,25	0,4	283	3200
025	0,1	1,5	140	1850
	0,25	0,4	356	3100
	0,25	0,4	243	3200
030	0,006	0,12	35	460
	5	0,12	35	400
035	0,06·2	2,0	35	1400
	0,04·2	5,0	26	1050
	0,1·2	5,0	32	850
040	6 мм/мин	3max	-	-

Нормы времени указаны в таблице 11.

Таблица 11 – Нормы времени (в минутах)

«Операция	$T_0$	$T_B$	$T_{OP}$	$T_{OB,O-T}$	$T_{П-З}$	$T_{ШТ}$	$n$	$T_{ШТ-К}$ » [3]
005	0,106	0,851	0,957	0,057	17	1,014	236	1,086
010	0,142	0,772	0,914	0,055	17	0,969	236	1,041
020	0,140	1,292	1,432	0,086	24	1,518	236	1,620
025	0,174	0,799	0,973	0,058	17	1,031	236	1,103
030	0,260	0,839	1,099	0,097	21	1,196	236	1,285
035	7,069	1,867	8,936	0,536	46	9,472	236	9,667
040	6,205	1,031	7,236	0,434	22	7,670	236	7,763

В таблице 11 для рассматриваемой 020 операции получим: «0,140 мин – машинное; 1,292 мин – на управление станком; 1,432 мин – операционное; 0,086 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 24 мин – на ознакомление с чертежом; 1,518 мин – штучное; 1,620 мин – на выполнение самой операции» [16]. Таким образом, применив метод (уменьшения подачи, изменение режимов резания и увеличение машинного времени на нелимитирующих операциях за счет увеличения стойкости режущего инструмента) синхронизации, достигнуто выравнивание основного времени обработки на каждой позиции при обработке на 020 операции.

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.

### 3 Расчет и проектирование средств оснащения

#### 3.1 Проектирование основного приспособления

В разделе для 020 операции «проведем расчет для выбранных параметров обработки клинового патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке [9]. Ранее при проектировании 020 операции получено значение главной составляющей силы резания 131 Н.

Необходимо рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 5. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил» [2].

Проведем «расчет силы зажима заготовки с помощью трех кулачков. Зависимость этой силы от составляющей силы резания определяется формулой:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot r_2}{f \cdot r_1}, \quad (21)$$

где  $K$  – запас;

$P_z$  – составляющая силы резания;

$r_1$  – радиус поверхности контакта с кулачком равный 54,44 мм;

$r_2$  – радиус обрабатываемой поверхности равный также 54,44 мм;

$f$  – параметр подвижности для кулачков с кольцевыми канавками, который равен 0,4» [7].

«Коэффициент запаса  $K$  определим согласно [14] равным 2,5. Тогда сила зажима» [16]:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 919 \cdot 54,44}{0,4 \cdot 54,44} = 5743 \text{ Н.}$$

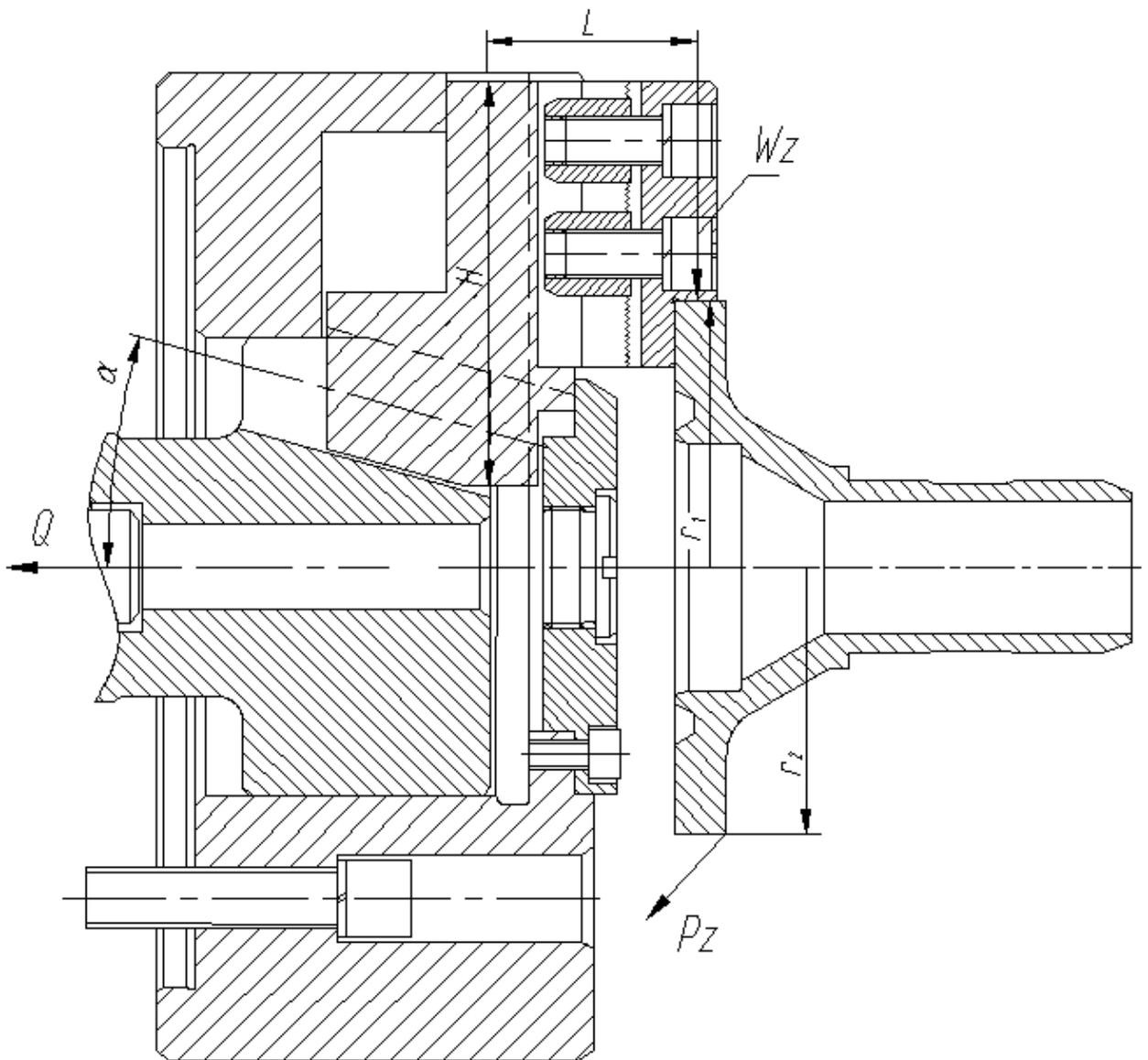


Рисунок 5 – Схема действия сил

Для «определения силы зажима, которая осуществляется сменными кулачками, в отличие от постоянных кулачков, используем выражение:

$$W_1 = \frac{W}{1 - 3 \cdot f_1 \cdot (L/H)}, \quad (22)$$

где  $f_1$  – препятствующий коэффициент скольжению равен 0,1 [7];

$L$  – плечо между точкой приложения силы резания и кулачка равное 42 мм;

$H$  – параметр поверхности по перемещению кулачка равный 82 мм.

Тогда получим

$$W_1 = \frac{5743}{1-3 \cdot 0,1 \cdot (42/82)} = 6786 \text{ Н.}$$

Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки [21]:

$$Q = W_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi), \quad (23)$$

где  $\alpha$  – скашивающий угол направляющих;

$\phi$  – угол трения» [17].

Тогда получим:

$$Q = 6786 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 43') = 2566 \text{ Н.}$$

«Патроны данного типа имеют три радиальных паза, их особенность в том, что одновременно с закреплением заготовки происходит центрирование. Кулачки синхронно движутся по спиральным траекториям при действии усилия, приложенного точно торцевым рычагом или ключом (зависит от механизма передачи в конструкции).

Для обеспечения усилия в 2566 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.

Диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу определяется согласно выражения:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (24)$$

где  $p$  – необходимое давление;

$\eta$  – КПД привода равное 0,9» [16].

Тогда получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2566}{0,4 \cdot 0,9}} = 76 \text{ мм.}$$

В заключении расчета станочного приспособления «согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значение для диаметра штока 80 мм, ход кулачков патрона 2 мм и ход штока цилиндра 7 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [7].

### **3.2 Проектирование вспомогательного приспособления**

В оптико-электронной измерительной системе НИИК-890 используются несколько моделей видеокамер в зависимости от параметров прибора, в котором она используется: – это VEC-245, VEC-535, SONY XCD-SX90CR. Наилучшие характеристики имеет камера VEC-535 [4]. Это наибольший размер матрицы и наименьший размер пикселя, а также самое наименьшее соотношение шумов к сигналу и более высокая светочувствительность. Оптическая система видеокамеры даёт десятикратное увеличение. Поле зрения объектива равно 30×30 мм. Именно она используется в нашем случае. В работе исследуется прибор предварительной настройки вершины резца на 020 операции. Конструкция прибора включает в себя цельнолитое основание в виде тумбы, изготовленной из чугуна, стойки, каретки с установленной на ней траверсой с визирующим устройством с подсветкой. В основание встроены шпиндель с конусом 50 AT5 по ГОСТ 15945-82. Конус имеет фиксатор положения необходимый для закрепления инструментального комплекта (режущий инструмент совместно с вспомогательным) с помощью специального маховика с винтом. На траверсе размещена видеокамера с подсветкой, которая совместно с преобразователями оптических измерений и электронного блока управления входит в состав оптико-электронной измерительной системы НИИК-890. Линейные перемещения видеокамеры относительно измеряемого инструмента измеряются с помощью

преобразователей линейных измерений модели Лир-7М и имеющих дискретность 0,001 мм. Это оптоэлектронный линейный энкодер на современной элементной базе производства Renishaw (модель RGH24), предназначен для измерения величины перемещений в виде цифрового сигнала с последующей передачей его в электронный блок управления.

Чтобы провести измерение выбранного инструмента, нужно предварительно закрепить его в шпинделе при необходимости применив соответствующее вспомогательное приспособление, запустить программу «стандартная оптическая схема», в окне программы нажать кнопку произвести измерение, навести камеру на измеряемый элемент с помощью маховиков каретки и траверсы, при этом вращая шпиндель для выявления крайнего положения, произвести захват кадра. При этом контур инструмента совмещают с перекрестием на экране согласно карты измерений. В левом нижнем углу окна программы в соответствующих полях появятся значения по осям X и Z, что соответствует параметрам вылета и диаметра инструмента. Полученные параметры можно сохранить сразу в предварительно заполненном файле отчёта или заполнить его позже.

Вывод можно сделать из анализа применения приборов размерной настройки инструмента вне станка различными предприятиями. В виду того, что настройка инструмента непосредственно на станке занимает значительное время – до двадцати процентов от рабочего времени, то применение приборов предварительной настройки инструмента вне станка экономически оправданно даже на малых и средних предприятиях. Единственное замечание – для малых предприятий экономически целесообразнее применять приборы с контактным методом измерения. Они дешевле по стоимости и в обслуживании.

При измерении проводится контроль параметров: вылет (Z мм); радиус (X мм); угол наклона режущей пластины ( $\alpha$ ).

Методика проведения измерения: Измерение точек окружности. Навести перекрестие видеокамеры на скругление режущей пластины, измерить набор точек (от трех до восьми точек).

Измерение точек прямой. Навести перекрестие видеокамеры на верхнюю грань, измерить набор точек (от двух до пяти точек).

Проводим вспомогательную прямую через центр найденной окружности перпендикулярно прямой на нулевом уровне. Получаем две точки пересечения прямой с окружностью. Расстояние от верхней точки пересечения до нулевого уровня будет являться вылетом ( $Z$ , мм).

Проводим вспомогательную прямую через центр найденной окружности перпендикулярно оси расточной оправки. Получаем две точки пересечения прямой с окружностью. Расстояние от крайней левой точки до центра расточной оправки будет являться расстоянием ( $X$ , мм). Найти угол между вспомогательной прямой и верхней гранью пластины. Данный угол является углом наклона режущей пластины.

Приспособление предназначено для настройки положения вершины инструмента относительно нулевой точки системы координат инструмента. Оно состоит из корпуса 11, в нижней плите которого устанавливается подставка 9, по пазу которой может перемещаться базовая опора 10, которая имеет установочный хвостовик для различного осевого инструмента. В нижней плите корпуса 11 установлена направляющая скалка 8, по которой перемещается направляющий кронштейн 16. П-образным зацепом он фиксируется на линейном энкодере 2, который отслеживает перемещение кронштейна 12, в котором устанавливается камера 4. На краю линейного энкодера 2 в кронштейне установлен соосно с камерой 4 осветитель 3. Кронштейн 12 с камерой 3 через кольцо 14 с прорезью зафиксирован на ходовом валу шариковой винтовой парой винт-гайка 6. Через штифт, при помощи гайки 22, на ходовом валу закрепляется маховик 13. Линейный энкодер 2 винтами 19 закрепляется на корпусе 11. Шариковая пара винт-гайка 5 установлена вертикально. Она фиксируется в нижней паре подшипников:

радиальном 24 и осевом 23. Сверху винт 5 закрепляется в радиальном подшипнике 25 с поджимом гайкой. Вертикальное перемещение этой гайки 5 отслеживается на линейном энкодере 1, который винтами 19 закрепляется на корпусе 11. Вертикальный винт пары 5 также имеет маховик 13 для регулировки положения измерительной системы. Горизонтальное перемещение базовой опоры 10 производится при помощи винта 15 также при помощи маховика 13. Горизонтальное перемещение отслеживается на линейном энкодере 7.

Приспособление работает следующим образом. Перед настройкой инструмента, в хвостовик базовой опоры 10 устанавливается контрольная оправка. Путем вращения маховиков 13 горизонтальным винтом 15 переводят ее в центр изображения, получаемого с камеры 3. Винтом 6 производят настройку резкости изображения, а ходовым винтом 5 совмещают положение вершины оправки под центром изображения. Далее заменяют контрольную оправку настраиваемым инструментом. Маховиком 13, вращая вертикальный винт 5, производится совмещение вершины инструмента с центром изображения. По показаниям линейного энкодера 1 определяется разность координат камеры в первоначальном положении на оправке и после настройки по инструменту. Смещение, определяемое с точностью 0,1 мкм, является поправкой положения инструмента относительно нулевой точки системы координат инструмента.

В разделе показан анализ, разработка и соответствующие расчеты станочного и контрольного приспособления для токарной операции. Полученные результаты дают возможность использования этих приспособлений в реальном технологическом процессе.

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

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

В разделе проведем анализ технического объекта на предмет обеспечения его безопасности и экологичности. В разделе будем рассматривать для проведения мероприятий наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции:

- токарная;
- фрезерно-расточная;
- кругло-шлифовальная;
- электроэрозионная.

Рассмотрим технологический процесс изготовления корпуса отсекателя. При производстве детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Технический объект реализуется с помощью использования следующего технологического «оборудования:

- токарно-винторезный с ЧПУ SAMAT-135NC;
- кругло-шлифовальный с ЧПУ КШ-3CNC;
- фрезерно-расточной с ЧПУ СТЦ Ф45;
- электроэрозионный СКЭКП4525.

Технологического приспособления:

- 3-х кулачковый патрон токарный ГОСТ 2675-80;
- цанговый патрон токарный» [18] ГОСТ 17200-71;
- самоцентрирующее специализированное наладочное поворотное приспособление с пневмоприводом;
- специализированное наладочное «приспособление с пневмоприводом ГОСТ 12195-66» [4].

Режущего и мерительного инструмента:

- проходной резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83;
- ромбическая пластина, «Т5К10, покрытие (Ti,Cr);
- сверло» [4] комбинированное Р6М5К ОСТ 2И21-1-76;
- «пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si)» [4];
- резьбовой резец с механическим креплением ОСТ 2.И.10.1-83;
- резьбовая пластина Т15К6, покрытие (Ti,Si);
- круг шлифовальный 91А F60 М ГОСТ Р 52781-2007;
- центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5;
- специальное ступенчатое сверло ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5;
- сверло спиральное ГОСТ 10903-77 Р6М5К5;
- цельный зенкер с коническим хвостовиком ГОСТ 12489-71 Р6М5К5;
- шпоночная фреза ГОСТ 9140-78 Р6М5К5;
- машинный метчик М5, М6 ГОСТ 3266-81 Р6М5К5;
- машинная развертка цельная с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 1672-80 Р6М5К5;
- графитовый электрод.

В процессе механической обработки используются в качестве материала для заготовки сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, 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 двусменный режим 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, ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ (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**

Выявленные 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; 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. 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**

Возникновение пожара на объекте можно отнести к наиболее вероятным источникам возникновения аварийных ситуаций техногенного характера. 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 соответствующим 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.

Помещения производственного участка оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей «AJAX FireProtect Plus». Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР-Р2. 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 «AJAX Hub Plus».

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 неположенном 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**

К наиболее вероятным источникам возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера можно отнести 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 корпуса отсекаателя 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» [3]. 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 график двусменного режима работы. Были определены опасные и вредные производственные факторы, а также соответствующие «риски их реализации. По снижению этих рисков были предложены мероприятия для обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности технического объекта в виде технологического процесса изготовления» [9] корпуса отсекаателя.

## 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 6.

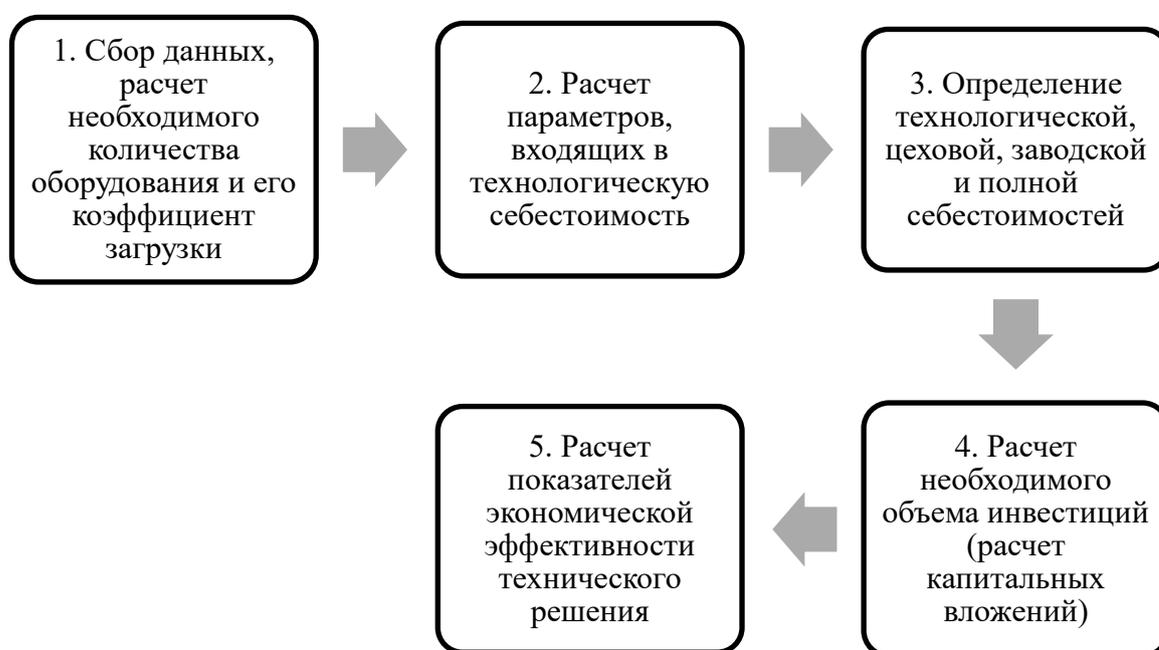


Рисунок 6 – Последовательный алгоритм экономических расчетов

Для составления алгоритма, представленного на рисунке 6, использовалось учебно-методическое пособие для выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы [13]. 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.

1. 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.

2. 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 7.

Анализируя представленные на рисунке 7 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 15,41% до 25,26%, что в рублевом эквиваленте составляет – 0,04-1,42 рубля.

Сложив, представленные на рисунке 7 параметры, будет получено значение технологической себестоимости технического решения, так для базового варианта оно составит 14,91 рублей, а для проектного варианта – 11,88 рублей. Сокращение этой величины в проектируемом варианте составит 20,37%.

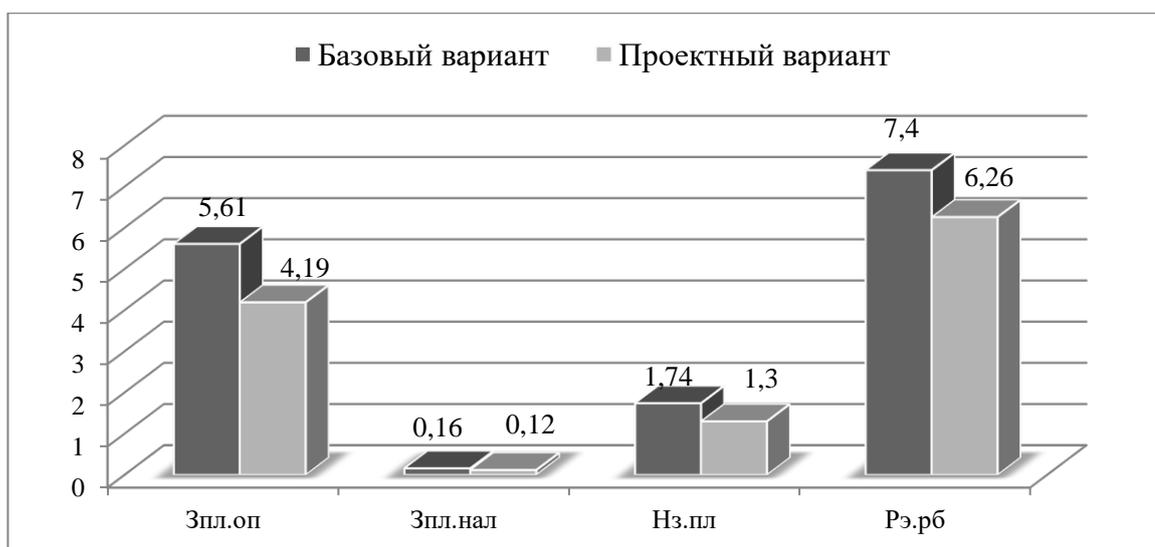


Рисунок 7 – Значения показателей, из которых складывается технологическая себестоимость технического решения, по вариантам, руб.

3. Определение технологической, цеховой, заводской и полной себестоимостей. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением этих параметров, представлены на рисунке 8.

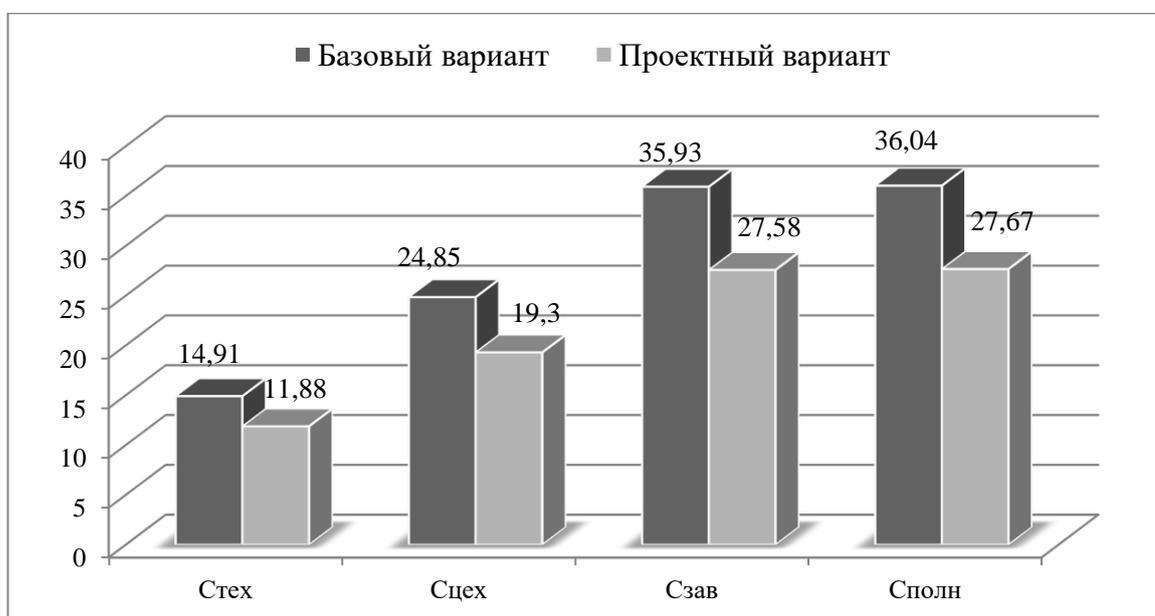


Рисунок 8 – Значение всех видов себестоимостей технического решения по вариантам, руб.

Значения, представленных на рисунке 8 параметров, в проектируемом варианте имеют тенденцию к снижению. Итоговое значение себестоимости (полной себестоимости) уменьшилось на 8,37 рублей, что составило 23,22%.

4. 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 ( $Z_{пр}$  равно 39720,32 руб.), корректировку управляющей программы ( $K_A$  равно 6150,36 руб.) и величину незавершенного производства ( $HЗП$  равно 26,96 руб.), образовавшуюся в результате внедрения технического мероприятия, представлены на рисунке 9.

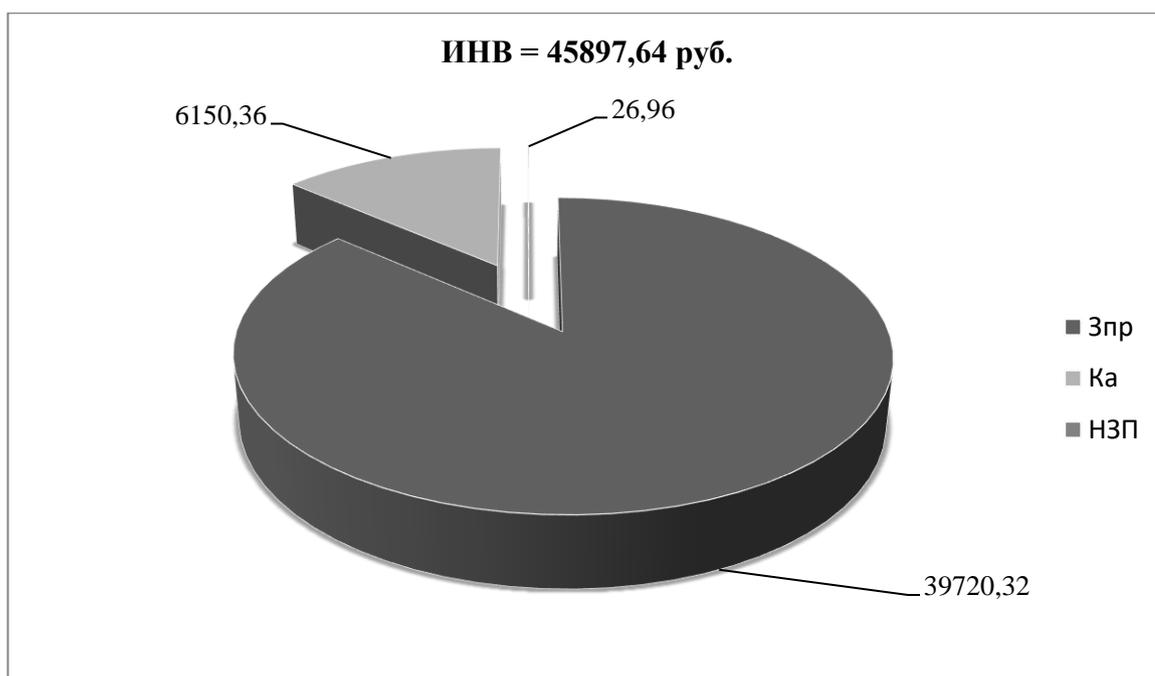


Рисунок 9 – Объем необходимых инвестиций для воплощения технического решения, руб.

Как видно из рисунка 9, наиболее финансово затратным является статья «затраты на проектирование», которая составляет 86,54% от общего объема инвестиций.

5. Расчет показателей экономической эффективности технического решения. Параметры, которые определяются в результате выполнения этого пункта, представлены на рисунке 10.

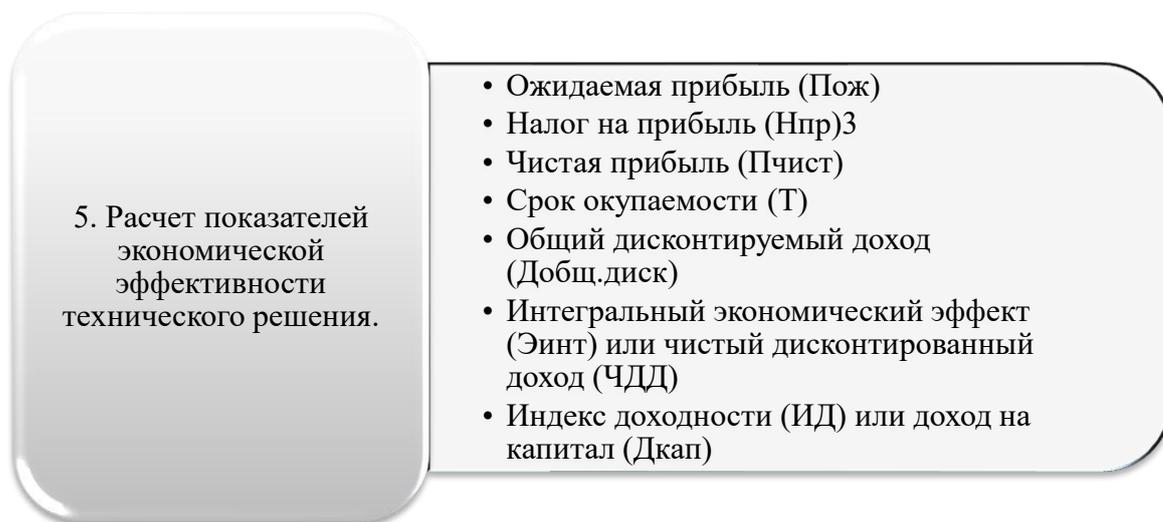


Рисунок 10 – Экономические показатели, определяемые в пункте 5 алгоритма экономических расчетов

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.

В разделе, проведя все необходимые расчеты, соответствующие пункту 5 алгоритма, было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 5252,37 рублей. Это значит, что предложенное техническое решение достойно быть внедренным.

## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- изучен технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления;
- рассмотрены особенности технологического процесса изготовления детали и выбраны пути его совершенствования;
- проанализированы отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделаны выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса;
- проанализирован базовый технологический процесс и исследованы пути его совершенствования; выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; проведен анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства;
- проведен анализ применяемого оборудования;
- произведен анализ применяемых приспособлений; выявлены станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявлены приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности;
- произведен анализ применяемого режущего инструмента; произведен анализ режимов резания;
- произведен анализ и расчет контрольного приспособления.

## Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 18.08.2021).
2. Аверченков В.И. Технология машиностроения: сборник задач и упражнений: учебное пособие / В.И. Аверченков и др.; под общей редакцией В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – М. : Инфра-М, 2016. 288 с.
3. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
4. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. –392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 12.09.2021).
5. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
6. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
7. 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.
8. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
9. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
10. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.

11. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
12. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 11.05.2022).
14. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.
15. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
16. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
17. 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.
18. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
19. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
20. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок: справочник / Ю.А. Торопов. – СПб. : Издательство «Профессия», 2017. 598 с.

21. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.

22. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – [https://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/40X?](https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X?) (дата обращения: 16.04.2022).

23. Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.

24. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.











