

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)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления втулки гидропривода

Обучающийся	<u>П.С. Лигай</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

## Аннотация

В работе рассмотрен один из вариантов технологического процесса изготовления втулки гидропривода в условиях среднесерийного типа производства.

Цель работы заключается в проектировании технологии изготовления втулки гидропривода на основе типового технологического процесса и повышении ее эффективности за счет устранения недостатков базовой технологии путем проектирования эффективных средств оснащения.

Структура работы включает пять основных разделов. Первый раздел посвящен анализу исходных данных и формулировке задач работы. Каждый из последующих разделов посвящен решению поставленных задач. Во втором разделе решаются технологические задачи. «Производится выбор оптимальной заготовки и ее проектирование, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [3]. В третьем разделе решаются задачи по совершенствованию спроектированной технологии «путем проектирования оправки для шлифовальной операции и дисковой фрезы для фрезерной операции» [3], что позволило повысить их эффективность и устранить выявленные в ходе анализа базовой технологии недостатки. В четвертом разделе производится комплексная оценка безопасности и экологичности технического объекта. Выявлены профессиональные риски, действующие на работников производства, разработаны мероприятия по снижению их влияния. Предложены мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности на производстве. В пятом разделе произведены расчеты, подтверждающие экономическую эффективность предлагаемых технических решений в условиях среднесерийного типа производства.

Объем выполненной работы: «пояснительная записка 67 страниц, графическая часть 7 листов формата А1» [3].

## **Abstract**

The final qualifying work considers of the technological process of manufacturing a hydraulic drive bushing in the medium-scale production type conditions one of the variants.

The work purpose is to design the hydraulic drive bushing manufacturing technology based on a typical technological process and increase its efficiency by eliminating the basic technology shortcomings by designing effective equipment.

The structure of the work includes five main sections. The first section is devoted to the source data analysis and the work tasks formulation. Each of the following sections is devoted to solving the tasks. In the second section, technological tasks are solved. The optimal workpiece selection and its design, the part manufacturing plan design, «the technological equipment choice, the cutting modes calculation and the technological operations normalization» [30]. In the third section, the tasks of improving the designed technology are solved by designing a mandrel for the grinding operation and a disc cutter for the milling operation, which made it possible to increase their efficiency and eliminate the shortcomings identified during the basic technology analysis. In the fourth section, a comprehensive assessment of the technical facility safety and environmental friendliness is carried out. Occupational risks affecting production workers have been identified; measures have been developed to reduce their impact. Measures to ensure fire and environmental safety at work are proposed. In the fifth section, calculations were made confirming the proposed technical solutions «economic efficiency in the medium-scale production type conditions» [30].

«The work amount performed: explanatory note 67 pages, graphic part 7 sheets of A1 format» [30].

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали.....	6
1.2 Анализ технологичности детали.....	7
1.3 Анализ характеристик типа производства.....	10
1.4 Формулировка задач работы.....	12
2 Разработка технологической части.....	13
2.1 Выбор и проектирование заготовки.....	13
2.2 Проектирование плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор средств технологического оснащения.....	22
2.4 Расчет режимов резания и нормирование.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование оправки.....	29
3.2 Проектирование дисковой фрезы.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	38
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	44
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	44
5 Экономическая эффективность работы.....	46
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	56
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	65

## Введение

Основные преимущества гидравлических приводов заключаются в компактности, высоких силовых характеристиках и относительной простоте конструкции. Это определило широкую область их применения. Рассматриваемая в работе втулка является частью гидравлического привода подъемного механизма автоматизированной транспортно-складской системы. Данный механизм является весьма ответственным элементом, так как напрямую влияет на работоспособность всей производственной системы и, следовательно, должен обеспечивать соответствующие своему служебному назначению показатели надежности. Это достигается применением в ходе проектирования привода определенных технических решений, влияющих на параметры поверхностей деталей, входящих в конструкцию. Требуемые параметры поверхностей деталей обеспечиваются технологией их изготовления. Эффективность применяемых технологий определяется, не только возможностью достижения параметров детали, но и экономическими показателями в условиях конкретного типа производства, а также возможностью изготовления всей годовой программы выпуска деталей в строго определенных сроки. Наиболее эффективным решением в данном случае является использование типовых технологических процессов в качестве аналога проектируемого техпроцесса. При этом типовой технологический процесс следует доработать, так как он не учитывает всех конструктивно-технологических особенностей конкретной детали.

Следовательно, цель данной работы заключается в проектировании технологии изготовления втулки гидропривода на основе типового технологического процесса и повышении ее эффективности за счет устранения недостатков базовой технологии путем проектирования эффективных средств оснащения. При этом необходимо обеспечить выпуск годовой программы выпуска деталей без потери параметров качества изготовления и минимизировать затраты на изготовление.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали**

«Служебное назначение втулки обусловлено конструкцией гидравлического привода подъемного механизма автоматизированной транспортно-складской системы» [3] и заключается в установке, базировании и закреплении деталей гидравлической аппаратуры, уплотнений, а также направлении потока рабочей жидкости.

В условиях нормальной эксплуатации рабочая жидкость поступает через отверстие втулки во внутреннюю полость и далее в корпус гидроцилиндра. При этом втулка и установленные в ней элементы гидросистемы не осуществляют каких-либо перемещений.

В конструкции гидравлического привода втулка устанавливается в корпусе по резьбе, выполненной на одной из ее внутренних поверхностей. С целью герметизации внутренних полостей конструкции с противоположной стороны также имеется внутренняя резьба, предназначенная для установки крышки.

Эксплуатационные нагрузки втулки достаточно значительны по величине, что объясняется высоким давлением в гидравлической системе, которое может достигать десятков МПа. При этом изменение давления происходит резко, что может привести к появлению усталостных трещин. Наиболее подвержены износу поверхности втулки, контактирующие с уплотнениями, что объясняется конструктивными особенностями гидравлического привода и принципами его работы.

Влияние внешних климатических факторов на состояние внешних поверхностей втулки практически исключено, так как гидравлический привод является частью автоматизированной транспортно-складской системы, работа которой подразумевается в закрытых производственных помещениях со стандартными для них параметрами микроклимата.

Следует учесть, что в производственных технологических процессах используются различные технические жидкости, при контакте с которыми могут возникнуть локальные очаги коррозии, что в целом не повлияет на эксплуатационные характеристики детали.

## **1.2 Анализ технологичности детали**

Технологичность детали один из важнейших ее показателей, непосредственно влияющих на эффективность технологического процесса ее изготовления и, в конечном итоге, на окончательную ее стоимость. «Оценка технологичности детали комплексная задача, состоящая из технологичности применяемого материала, технологичности конструкции и технологичности механической обработки» [3], [30].

Оценим технологичность материала втулки. «В первую очередь технологичность материала определяется его химическим составом и физико-механическими свойствами» [3]. Сталь 38ХГН ГОСТ 4543-71 состоит из: «0,35-0,43% углерод, 0,5-0,8% хром, 0,7-1,0% никель, 0,035% сера, 0,035% фосфор, 0,17-0,37% кремний, 0,8-1,1% марганец, 0,3% медь» [28]. «Физико-механические свойства после термической обработки: предел прочности при растяжении 780 МПа, предел текучести 685 МПа, относительное удлинение 12%, относительное сужение 45%, твердость по шкале Роквелла от 40 до 45 единиц» [28]. Исходя из условий работы детали, данные характеристики отвечают всем заданным требованиям. Не менее важной характеристикой материала является возможность применения различных методов получения заготовок. В данном случае наиболее приемлемы методы пластического деформирования, прежде всего методы штамповки [1]. Следующей важной характеристикой материала является его обрабатываемость, характеризуемая соответствующим коэффициентом обрабатываемости. В данном случае данный показатель можно охарактеризовать как удовлетворительный. «Коэффициент

обрабатываемости твердым сплавом составляет 0,8, быстрорежущей сталью 0,7» [11]. В целом можно охарактеризовать материал детали как технологичный, отвечающий всем основным требованиям.

Оценим технологичности конструкции детали. Наружный контур детали образован цилиндрическими поверхностями разных диаметров и плоскими торцовыми поверхностями. Также имеются пазы с радиусной поверхностью для выхода дисковой фрезы. Внутренний контур детали также образован цилиндрическими поверхностями разных диаметров и плоскими торцовыми поверхностями. Кроме этого на двух крайних внутренних поверхностях имеются резьбовые поверхности стандартных размеров. В радиальном направлении на детали имеется коническое отверстие со стандартной резьбой. Конфигурация контура детали может быть признана технологичной, так как образована простыми по кинематике получения поверхностями с применением типовых элементов, таких как пазы, фаски, канавки, резьбы.

Дальнейшая оценка технологичности конструкции детали основана на классификации ее поверхностей по их назначению. Выполним эскиз детали и присвоим каждой поверхности свой уникальный номер (рисунок 1).

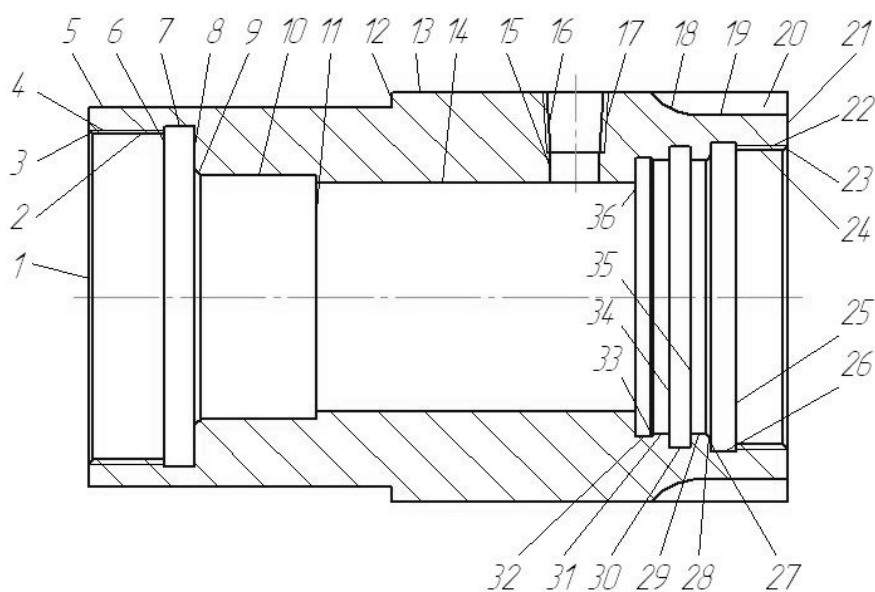


Рисунок 1 – Эскиз втулки



«Проведем классификация поверхностей: основные конструкторские базы 22, 36; вспомогательные конструкторские базы 4, 10, 11, 14, 17, 30, 34, 35; исполнительные поверхности 4, 10, 11, 17, 30, 34, 35; свободные поверхности все оставшиеся» [2]. «Как видно из классификации общее количество поверхностей достаточно велико,» [2] но при этом количество ответственных поверхностей относительно небольшое. Следовательно, конструкцию детали следует признать технологичной.

Технологичность механической обработки детали определяется требуемой максимальной точностью обработки, характеристиками качества обработки поверхностей, количеством точных поверхностей, формой поверхностей и их взаимным расположением, а также характеристиками технологических баз. В данном случае максимальный квалитет точности 7, что позволит его получить стандартными методами обработки. Качественные характеристики поверхностей также не предполагают применения специальных методов обработки и средств технологического оснащения. Форма поверхностей детали и их взаимное расположение могут быть обеспечены на стандартном оборудовании с применением универсального инструмента и технологической оснастки. Количество точных поверхностей, как отмечалось ранее, относительно невелико, что не потребует широкого применения точных методов обработки. Технологические базы могут быть реализованы при помощи стандартной технологической оснастки. При этом все базы могут быть естественными, то есть, реализованы реальными поверхностями детали, что снизит количество механической обработки. Исходя из этого, в качестве аналога проектируемого технологического процесса можно принять типовой технологический процесс. Следовательно, механическую обработку детали следует признать технологичной.

Оценка технологичности детали по всем критериям технологичности показала хорошие результаты. В целом рассматриваемую деталь следует признать технологичной.

### **1.3 Анализ характеристик типа производства**

«Характеристики типа производства определяют дальнейшую стратегию разработки технологического процесса» [8], а также позволяют определить круг задач, которые необходимо решить в ходе дальнейшего проектирования.

Сначала необходимо определить к какому типу относится производство. Исходя из имеющихся данных и рекомендаций [8] для этого используется информация о годовой программе выпуска изделий и массе детали. Годовая программа выпуска деталей согласно исходным данным составляет 5000 штук, а масса детали согласно ее чертежу 15,63 кг. Следовательно, «тип производства определяем как среднесерийный» [8].

«Данный тип производства имеет следующие характеристики» [8].

«Применяется групповая форма организации техпроцесса с выпуском деталей партиями на настроенном оборудовании» [8]. Технология изготовления проектируется на основе типовой технологии путем ее доработки под конструктивно-технологические особенности данной детали. Такое решение существенно сокращает сроки проектирования без потери его качества.

Заготовки деталей выбираются из стандартных методов их получения путем экономического сравнения возможных методов получения с учетом физико-механических свойств применяемого материала, технологических возможностей производства, а также конструктивных особенностей детали. При проектировании заготовки используются стандартные методики проектирования с определением припусков на обработку, в зависимости от требуемой ее точности, расчетом по переходам или статистическим методом.

Проектирование операций технологического процесса основано на применении последовательной структуры. Допускается применение параллельно-последовательной структуры в случае дополнительного обоснования. Следует учесть, что работа ведется на настроенном

оборудовании, поэтому должны быть предусмотрены соответствующие методы его настройки. Определение режимов резания и нормирование операций выполняется «расчетно-аналитическим и статистическим методами в зависимости от требуемой точности обработки и сложности структуры операции» [8]. «Технологическая документация оформляется в виде стандартных документов, то есть маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов на наиболее сложные и ответственные операции» [8].

Оборудование используется в зависимости от сложности решаемых задач, геометрии обрабатываемых поверхностей, требуемой точности обработки, требуемой производительности и гибкости. Наиболее перспективным является применение оборудования оснащенного CNC-системами, что в условиях современного производства позволяет обеспечить выполнение всех вышеперечисленных требований.

Станочные приспособления должны реализовывать принятые на операциях схемы базирования, обеспечивать необходимую точность установки, обладать отвечающей используемому оборудованию и требуемой гибкости производства степенью механизации и автоматизации, а также отвечать ряду других требований согласно принятым стандартам. При этом желательно использовать стандартизированные станочные приспособления. Применение специальных станочных приспособлений требует дополнительного экономического обоснования.

Режущий инструмент в первую очередь должен отвечать требованиям универсальности, обеспечивать требуемые параметры качества обработки, обладать необходимой стойкостью. Применение специального режущего инструмента требует дополнительного экономического обоснования.

Средства контроля желательно применять универсальные, способные выдавать результат измерений в абсолютных величинах. Возможно применение средств автоматизации контроля в случае их комплексного использования при контроле других деталей номенклатуры производства.

Применение специальных средств контроля должно быть обосновано техническими или экономическими причинами.

#### **1.4 Формулировка задач работы**

«Анализ данных, проведенный выше и цель работы, сформулированная во введении, позволяют поставить следующие задачи работы» [3].

«В первую очередь необходимо решить технологические задачи» [3]. Произвести выбор оптимальной заготовки и ее проектирование, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование операций.

Затем необходимо решить задачи по совершенствованию спроектированной технологии путем проектирования специальных средств технологического оснащения, что позволит повысить эффективность технологических операций и устранить выявленные в ходе анализа базовой технологии недостатки.

Далее необходимо произвести комплексную оценку безопасности и экологичности технического объекта. Выявить профессиональные риски, действующие на работников производства, разработать мероприятия по снижению их влияния. Предложить мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности на производстве.

В заключении необходимо произвести расчеты, подтверждающие экономическую эффективность предлагаемых технических решений в условиях среднесерийного типа производства.

Каждый из последующих разделов посвящен решению поставленных задач.

Результатом выполнения данного раздела стала формулировка задач работы, «основанная на анализе назначения детали и условий ее эксплуатации, комплексной оценке технологичности детали, анализе особенностей типа производства» [3].

## 2 Разработка технологической части

### 2.1 Выбор и проектирование заготовки

«Выбор метода получения заготовки многофакторная задача» [3]. При ее решении необходимо учитывать физико-механические свойства материала детали, технологические возможности производства, а также конструктивные особенности детали. Анализ детали на технологичность позволил выяснить, что в данном случае наиболее приемлемы методы пластического деформирования, прежде всего методы штамповки. «Проанализировав имеющиеся данные, приходим к выводу, что в данном случае наиболее рационально использовать метод получения заготовки штамповкой на молоте с применением закрытых штампов или штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [9]. При этом форма заготовки в обоих случаях будет достаточно близка к форме детали (рисунок 2).

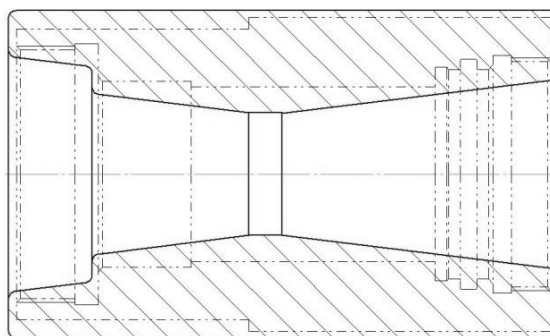


Рисунок 2 – Эскиз заготовки

Согласно характеристикам среднесерийного типа производства, заготовки деталей выбираются путем экономического сравнения возможных методов получения, «которое основано на определении общих затрат на изготовление деталей» [9].

«Расчет общих затрат выполняется по формуле:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где  $C_{ЗАГ}$  – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

$Q$  – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$  – стоимость механической обработки, руб.;

$q$  – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$  – стоимость одного кг стружки, руб» [9].

«Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

$$C_{ЗАГ i} = C_б \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс метода получения заготовки;

$C_б$  – базовая стоимость получения заготовки рассматриваемым методом, руб.;

$h_T$  – коэффициент точности метода;

$h_C$  – коэффициент сложности метода;

$h_B$  – коэффициент массы заготовки;

$h_M$  – коэффициент марки материала;

$h_{П}$  – коэффициент программы выпуска» [9].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки, полученной на молоте в закрытых штампах, 2 для заготовки, полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [9].

$$C_{ЗАГ 1} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 33,04 \text{ р.}$$

$$C_{ЗАГ 2} = 29,96 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 31,46 \text{ р.}$$

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где  $K_P$  – коэффициент метода получения и формы заготовки» [9].

$$Q_1 = 15,63 \cdot 1,6 = 25,01 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 15,63 \cdot 1,5 = 23,45 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки при первом приближении может быть определена по формуле:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где  $C_C$  – приведенные затраты, руб.;

$C_K$  – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_H$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [9].

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

«Рассчитываем общие затраты.

$$C_{T1} = 33,04 \cdot 15,63 + 4,6 \cdot (25,01 - 15,63) - 1,4 \cdot (25,01 - 15,63) = 546,44 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 31,46 \cdot 15,63 + 4,6 \cdot (23,45 - 15,63) - 1,4 \cdot (23,45 - 15,63) = 519,87 \text{ р.} \text{ [9].}$$

«Приведенные расчеты показали, что метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели. Следовательно, для получения заготовки принимаем данный метод» [9].

После выбора заготовки необходимо провести ее проектирование, которое выполняется в несколько этапов [5], [33]. На первом этапе выполняется расчет припусков на обработку, затем определяются технологические напуски и допуски на размеры, после этого определяются характеристики заготовки и технические требования на ее выполнение.

«Определение припусков на обработку, вне зависимости от принятой методики, основано на знании маршрутов обработки каждой поверхности» [8]. Решение задачи выбора маршрутов обработки основано на обеспечении заданных параметров поверхностей при условии минимальных суммарных затрат на их получение [15]. «Сформируем маршруты обработки поверхностей для данной детали с учетом рекомендаций принятой методики (таблица 1)» [3].

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
1	12,5	12	«т-тч-то-ш» [3]
2, 24	6,3	10	«т-тч-то» [3]
3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 23, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 36	12,5	12	«т-то» [3]
4	1,6	6	«т-тч-то-ш-шч» [3]
10	3,2	9	«т-тч-то-ш-шч» [3]
11	6,3	12	«т-тч-то» [3]
14, 29	1,25	7	«т-тч-то-ш-шч» [3]
15, 16	6,3	10	«с-то» [3]
17	6,3	10	«рн-то» [3]
18, 19, 20	12,5	12	«ф-то» [3]
21	2,5	12	«т-тч-то-ш-шч» [3]
22	1,6	6	«рн-то-ш» [3]
30	6,3	10	«т-то» [3]
31	1,25	7	«т-тч-то-ш-шч» [3]
34, 35	3,2	8	«т-тч-то-ш» [3]

«Сокращения, принятые в таблице 1: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – шлифование черновое; шч – шлифование чистовое; с – сверление; ф – фрезерование; рн – резьбонарезание» [15].

«В соответствии с принятой методикой проектирования заготовки далее необходимо определить припуски на обработку» [3]. Как отмечалось ранее, для этого используются стандартные методики проектирования расчетом по переходам или статистическим методом в зависимости от требуемой точности обработки.

«Метод определения припусков на обработку по переходам будем использовать для определения припусков на поверхность диаметром  $75H7(^{+0,03})$  мм» [22].

«Минимальный припуск для каждого перехода определяется по формуле:



$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

где  $a_{i-1}$  – величина поверхностного слоя, имеющего дефекты структуры, полученные в результате выполнения предыдущего перехода, мм;

$\Delta_{i-1}$  – величина суммарных пространственных отклонений поверхности, полученных в результате выполнения предыдущего перехода, мм;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки данного перехода, мм» [22].

«Ниже приведены результаты расчета минимальных припусков.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{1,000^2 + 0,025^2} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,100^2 + 0,025^2} = 0,763 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{то} + \sqrt{\Delta_{то}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,040^2 + 0,020^2} = 0,295 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,016^2 + 0,020^2} = 0,155 \text{ мм}» [22].$$

«Максимальный припуск для каждого перехода определяется по формуле:

$$z_{i max} = z_{i min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (6)$$

где  $TD_i$  – допуск выполнения размера на данном переходе, мм;

$TD_{i-1}$  – допуск выполнения размера на предыдущем переходе, мм» [22].

«Ниже приведены результаты расчета максимальных припусков.

$$\begin{aligned} z_{1 max} &= z_{1 min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,691 + 0,5 \cdot (2,800 + 0,3000) = \\ &= 2,850 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 max} &= z_{2 min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,763 + 0,5 \cdot (0,430 + 0,100) = \\ &= 1,028 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$z_{3 max} = z_{3 min} + 0,5 \cdot (TD_{то} + TD_3) = 0,295 + 0,5 \cdot (0,180 + 0,039) =$$

= 0,405 мм.

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,155 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,25) = 0,187 \text{ мм} \gg [22].$$

«Средний припуск для каждого перехода определяется формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7)$$

Ниже приведены результаты расчета средних припусков.

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (2,850 + 1,300) = 2,075 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (1,028 + 0,763) = 0,896 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,405 + 0,295) = 0,350 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,187 + 0,155) = 0,171 \text{ мм} \gg [22].$$

«Величина максимального операционного размера определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (8) \gg [22]$$

«Величина минимального операционного размера определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (9) \gg [22]$$

«Величина среднего операционного размера определяется по формуле:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (10) \gg [22]$$

«Минимальный операционный размер предшествующий термической операции рассчитывается по формуле:

$$D_{(i-1) \max} = D_{\text{То max}} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [22]$$

«Ниже приведены результаты расчетов.

$$D_{4 \max} = 75,030 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \min} = 75,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{4 \max} + D_{4 \min}) = 0,5 \cdot (75,030 + 75,000) = 75,015 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \max} = D_{4 \max} - 2 \cdot z_{4 \min} = 75,030 - 2 \cdot 0,187 = 74,656 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = D_{3 \max} - TD_3 = 74,656 - 0,010 = 74,556 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5 \cdot (74,656 + 74,556) = 74,606 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{То max}} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 74,656 - 2 \cdot 0,405 = 73,647 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{То min}} = D_{\text{То max}} - TD_3 = 73,647 - 0,018 = 73,476 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{То ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{То max}} + D_{\text{То min}}) = 0,5 \cdot (73,647 + 73,476) = \\ = 73,562 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{\text{То max}} \cdot 0,999 = 73,476 \cdot 0,999 = 73,394 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 73,394 - 0,100 = 73,294 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (73,394 + 73,294) = 73,344 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 73,394 - 2 \cdot 1,028 = 71,338 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 71,338 - 0,300 = 71,038 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (71,338 + 71,038) = 71,188 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 71,338 - 2 \cdot 2,850 = 65,638 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 65,638 - 2,800 = 62,838 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}) = 0,5(65,638 + 62,838) = 64,238 \text{ мм} \gg [22].$$

«Суммарный минимальный припуск определяется по формуле:

$$2z_{\min} = D_{4 \min} - D_{0 \max}. \quad (12) \gg [22]$$

«Максимальный общий припуск определяется по формуле:

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (13) \gg [22]$$

«Значение среднего общего припуска определяется по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14)» [22]$$

«Ниже приведены результаты расчетов.

$$2z_{min} = 75,000 - 65,638 = 9,362 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 9,362 + 2,800 + 0,030 = 12,192 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (9,362 + 12,192) = 10,777 \text{ мм}» [22].$$

«Определение припусков на остальные поверхности ведем статистическим методом» [18], [26]. В этом случае величина минимального припуска определяется исходя из метода обработки и номинального размера поверхности. «Величина максимального припуска и остальные параметры определяются аналогично предыдущей методике» [18]. «Результаты определения припусков с использованием данной методики приведены в таблице 2» [3].

Таблица 2 – Припуски на обработку поверхностей детали

Номер поверхности	Метод обработки	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	точение	2,5	4,53
	точение чистовое	1,0	1,323
	шлифование	0,5	0,757
10	точение	0,9	2,45
	точение чистовое	0,7	0,839
21	точение	2,5	4,53
	точение чистовое	1,0	1,323
	шлифование	0,5	0,757
	шлифование чистовое	0,3	0,372
29, 31	точение	0,9	2,475
	точение чистовое	0,7	0,945
	шлифование	0,5	0,599
	шлифование чистовое	0,3	0,346
34, 35	шлифование	0,5	0,54

Затем определяются технологические напуски и допуски на размеры, а также характеристики заготовки и технические требования на ее выполнение. «Получаем следующие параметры заготовки: класс точности Т4, группа стали М1, степень сложности заготовки С1, исходный индекс И14, штамповочные уклоны 7°, радиусы скруглений 3 мм, допустимые значения остаточного обля не более 1,4 мм, concentricity отверстий 1,5 мм, плоскостность торцев 1,0 мм» [5].

## 2.2 Проектирование плана изготовления детали

«План изготовления представляет собой графическое отображение технологического процесса изготовления детали и включает в себя операционные эскизы с указанием схем базирования и операционных размеров на них, а также технические требования на выполнение операций» [17], [31]. План изготовления проектируется на основе маршрута обработки детали разрабатываемого путем доработки типовых маршрутов обработки под конструктивно-технологические особенности данной детали. Такое решение существенно сокращает сроки проектирования без потери его качества. В качестве типовых маршрутов используем типовые маршруты деталей данного класса [8], [29]. «Полученный технологический маршрут изготовления детали приведен в таблице 3» [3].

Таблица 3 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Токарная	точение	13, 14, 21, 24, 27, 29, 36
010 Токарная	точение	2, 5, 8, 10, 11, 12
015 Токарная	точение	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36
020 Токарная	точение	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14
025 Сверлильная	сверление, зенкерование, резбонарезание	15, 16, 17
030 Фрезерная	фрезерование	18, 19, 20
035 Термическая	закалка, отпуск	все

### Продолжение таблицы 3

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
040 Шлифовальная	шлифование	21, 29, 31
045 Шлифовальная	шлифование	1, 10, 11, 14
050 Шлифовальная	шлифование	21, 29, 31
055 Шлифовальная	шлифование	34, 35
060 Шлифовальная	шлифование	14
065 Шлифовальная	резьбошлифование	22
070 Шлифовальная	резьбошлифование	4
075 Моечная	мойка	все
080 Контрольная	контроль	все

«Схемы базирования разрабатываются исходя из необходимости соблюдения принципов единства и постоянства баз, а также конструктивных особенностей детали и особенностей простановки конструкторских размеров» [17]. Технические требования назначаются исходя из номинальных размеров обрабатываемых поверхностей, статистической точности обработки на рассматриваемой операции и дополнительных погрешностей возникающих вследствие особенностей принятой на операции схемы базирования [17].

Результатом проектирования плана изготовления детали является чертеж, приведенный в графической части работы. Так же результаты проектирования плана изготовления частично отражены в Приложении А «Технологическая документация».

### **2.3 Выбор средств технологического оснащения**

«При выборе средств технологического оснащения будем руководствоваться следующими рекомендациями» [3].

Оборудование выбирается в зависимости от сложности решаемых задач, геометрии обрабатываемых поверхностей, требуемой точности обработки, требуемой производительности и гибкости. Наиболее перспективным является применение оборудования, оснащенного CNC-

системами, что в условиях современного производства позволяет обеспечить выполнение всех вышеперечисленных требований.

«Станочные приспособления выбираются исходя из возможности реализовать принятые на операциях схемы базирования» [11], обеспечить необходимую точность установки, обладать отвечающей используемому оборудованию и требуемой гибкости производства степенью механизации и автоматизации, а также отвечать ряду других требований согласно принятым стандартам. Предпочтительным является использование стандартизированных станочных приспособлений. Использование специальных станочных приспособлений требует дополнительного экономического обоснования.

Режущий инструмент в первую очередь должен отвечать требованиям универсальности, обеспечивать требуемые параметры качества обработки, обладать необходимой стойкостью. Применение специального режущего инструмента требует дополнительного экономического обоснования.

Средства контроля применяются универсальные, способные выдавать результат измерений в абсолютных величинах. Возможно применение средств автоматизации контроля в случае их комплексного использования при контроле других деталей номенклатуры производства. Применение специальных средств контроля должно быть обосновано техническими или экономическими причинами.

«Выбор конкретных моделей, типоразмеров и наименований средств технологического оснащения производим с использованием данных [6], [10], [13], [14], [20], [21], [23], [24], [25], [27]. Результаты выбора наименований средств технологического оснащения приведены в таблице 4» [3].

Таблица 4 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
005 Токарная	токарный	патрон	резцы расточной,	нутромер

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
–	«16К20Ф3» [20]	«трехкулачковые 7100–0059 ГОСТ 2675–80» [25]	«контурный по ГОСТ 18879–73 Т5К10» [6]	«ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89» [13]
010 Токарная	«токарный 16К20Ф3» [20]	«патрон трехкулачковый 7100–0059 ГОСТ 2675–80» [25]	«резцы расточной, контурный по ГОСТ 18879–73 Т5К10» [6]	«нутромер ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89» [13]
015 Токарная	«токарный 16К20Ф3» [20]	«оправка цанговая» [25]	«резцы подрезной, расточной, расточной канавочный по ГОСТ 18879–73 Т30К4, Т5К10» [6]	«калибр, нутромер ГОСТ 10–88» [13]
020 Токарная	«токарный 16К20Ф3» [20]	«оправка цанговая» [25]	резцы подрезной, расточной, расточной канавочный по ГОСТ 18879–73 Т30К4, Т5К10	калибр, нутромер ГОСТ10-88
025 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2-1	оправка кулачковая, делительная головка	сверло Ø16 ГОСТ 10903–77 Р6М5, зенкер Ø16 ГОСТ 12489–71 Р6М5, метчик М12 ГОСТ 3266-81 Р18	калибр
030 Фрезерная	горизонтально-фрезерный 6Р80	оправка цанговая, делительная головка	фреза дисковая специальная Р6М5	калибр
035 Термическая	«печь» [20]	–	–	–
040 Шлифовальная	«внутришлифовальный 3К228» [20]	«оправка с гофрированной втулкой» [25]	«круги шлифовальные 6–50х13-32 25А80К6V30м/с1А, 1–32х13х40 24А60К7V30м/с1А» [6]	«нутромер ГОСТ 10–88» [13]
045 Шлифовальная	внутришлифовальный 3К228	«оправка с гофрированной втулкой» [25]	«круги 6–50х13-32 25А80К6V30м/с1А, 1–32х13х40 24А60К7V30м/с1А» [6]	«нутромер ГОСТ 10–88» [13]



Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
050 Шлифовальная	«внутришлиф овалный 3К228» [20]	«оправка с гофрированной втулкой» [25]	«круги шлифовальные 11–50х13х35 24А80М7V35м/с1А, 1–50х13х30 24А80М7V35м/с1А» [6]	«скоба рычажная ГОСТ 11098–75» [13]
055 Шлифовальная	«внутришлиф овалный 3К228» [20]	«оправка с гофрированной втулкой» [25]	«круг шлифовальный» [6] 6–50х13х32 24А90К7V30м/с1А	калибр
060 Шлифовальная	внутришлифовальный 3К228	оправка с гофрированной втулкой	круг шлифовальный 1–32х13х40 24А80К7V30м/с1А	калибр
065 Шлифовальная	резьбошлифовальный 5К822В	оправка с гофрированной втулкой	круг шлифовальный 4–250х76,2х10 24А90М6V30м/с1А	калибр
070 Шлифовальная	резьбошлифовальный 5К822В	оправка с гофрированной втулкой	круг шлифовальный 4–250х76,2х10 24А90М6V30м/с1А	калибр
075 Моечная	моечная машина	–	–	–
080 Контрольная	стол контрольный	–	–	–

«Выбранные средства технологического оснащения заносятся в соответствующие графы маршрутной карты и операционных карт, представленных в приложении А «Технологическая документация», а также отражаются на чертежах технологических наладок, представленных в графической части работы» [3].

## 2.4 Расчет режимов резания и нормирование

«Согласно типу производства, определение режимов резания и нормирование операций выполняется расчетно-аналитическим» [11] и статистическим методами в зависимости от требуемой точности обработки и сложности структуры операции.

Методика определения режимов резания подробно рассмотрена в литературе [16], [19].

Рассмотрим более подробно методику нормирования технологических операций [3].

«Определение основного времени выполняется по формуле:

$$t_o = \sum t_{oi}, \quad (15)$$

где  $t_{oi}$  – основное время выполнения перехода обработки поверхности, мин» [3].

«Основное время выполнения перехода обработки поверхности определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L+l) \cdot i}{S \cdot n}, \quad (16)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.;

$l$  – длина перебега и врезания, мм.;

$i$  – количество рабочих ходов» [3].

«Определение вспомогательного времени выполняется по формуле:

$$t_B = t_{c,y} + t_{m,b}, \quad (17)$$

где  $t_{c,y}$  – время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{m,b}$  – машинно-вспомогательное время, мин» [3].

«Определение времени на обслуживание, и личные потребности выполняется по формуле

$$t_{обс} + t_{л} = 0,1 \cdot t_{оп}, \quad (18)$$

где  $t_{оп}$  – оперативное время, мин» [3].

«Оперативное время определяется по формуле:

$$t_{оп} = t_o + t_b. \quad (19)» [3]$$

«Определение штучного времени выполняется по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{обс} + t_{п}. \quad (20)» [3]$$

«Штучно–калькуляционное время на выполнение операций рассчитывается по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_3}, \quad (21)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{п-з}$  – подготовительно–заключительное время выполнения операции, мин;

$n_3$  – размер партии деталей, шт» [3].

Таблица 5 – Результаты определения режимов резания и нормирование

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно–калькуляционное время, мин
005	1	0,4	135	320	160	1,25	2,85
	2	0,32	148	630	170	0,84	
010	1	0,4	126	320	120	0,94	2,26
	2	0,32	159	630	95	0,47	
015	1	0,28	286	960	20	0,08	1,63
	2	0,2	226	960	70	0,36	
	3	0,15	101	320	9	0,19	
	4	0,15	101	320	7	0,15	
	5	2	98	320	20	0,16	
020	1	0,28	286	960	10	0,04	2,22
	2	0,2	226	960	200	1,04	
	3	0,15	101	320	4	0,08	
	4	2	100	320	27	0,21	
025	1	0,32	23	450	35	0,24	1,05

Продолжение таблицы 5

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
–	2	0,5	22	450	23	0,1	–
	3	1,5	14,5	180	23	0,09	
030	1	0,06	35	80	108	0,7	1,56
040	1	0,014	30	360	19	0,54	1,6
	2	0,010	40	360	0,5	0,34	
045	1	0,014	25	360	8	0,25	3,16
	2	0,017	30	360	42	0,83	
	3	0,017	30	360	107	1,66	
050	1	0,011	40	360	19	0,72	1,84
	2	0,005	45	360	0,3	0,38	
055	1	0,005	30	360	5	2,5	2,9
060	1	0,011	36	360	107	1,89	2,46
065	1	2	25	32	18	0,84	1,62
070	1	2	25	32	26	1,22	2

«Результаты расчета режимов резания и нормирования технологических операций, приведенные в таблице 5, заносятся в соответствующие графы маршрутной карты и операционных карт, представленных в приложении А «Технологическая документация» [3].

«Результатом выполнения данного раздела стало решение технологических задач. Произведен выбор оптимальной заготовки и ее проектирование, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [3].

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование оправки

Проведя анализ полученного технологического процесса, приходим к выводу о том, что для реализации принятой на шлифовальной операции схемы базирования нет возможности использовать стандартные механизированные средства технологического оснащения. Это приводит к увеличению вспомогательного времени затрачиваемого на снятие и установку заготовки. Кроме того, снижается точность установки заготовки, что увеличивает процент брака на операции и приводит к необходимости завышения припусков на обработку. Проанализируем схему операции (рисунок 3) и проведем проектирование станочного приспособления с механизированным приводом реализующего данную схему.

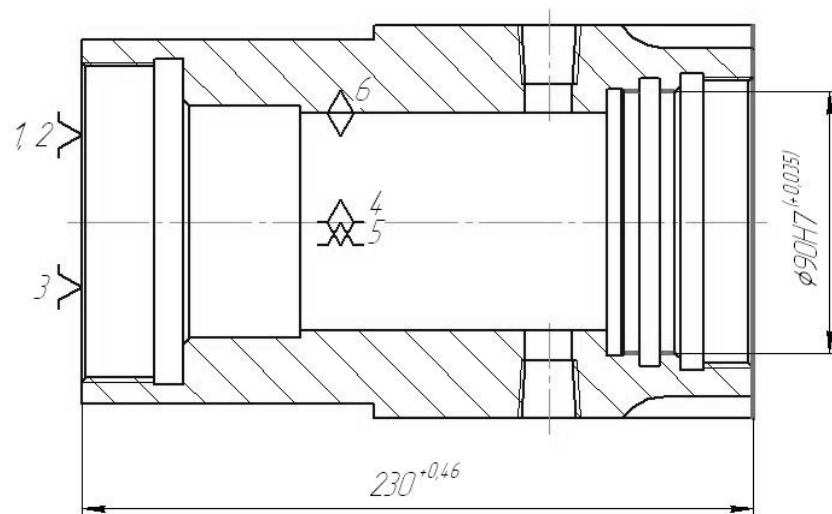


Рисунок 3 – Эскиз шлифовальной операции

Выбор конструкции приспособления проводился с использованием рекомендаций [7], [24], [25]. В результате был выбран вариант реализации схемы приспособления представляющий собой оправку, в качестве установочного и зажимного элемента которой используется гофрированная

втулка. Привод приспособления предполагается реализовать при помощи стандартного силового привода. Проектирование осуществляется по методике [24], [25].

На первом этапе необходимо определить размеры гофрированной втулки (рисунок 4). Для этого используем данные [24].

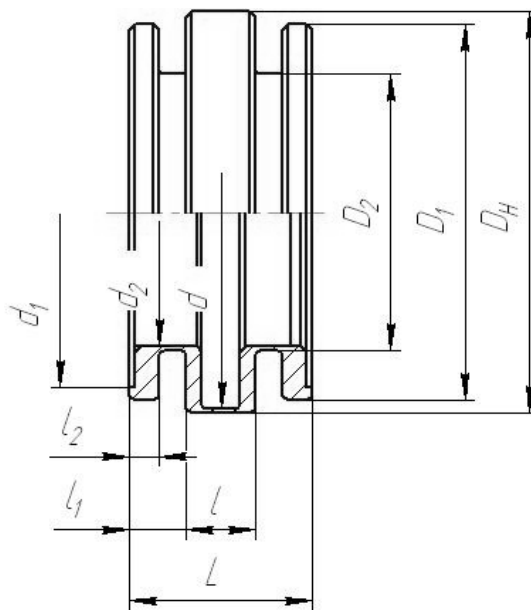


Рисунок 4 – Размеры гофрированной втулки

«В соответствии с рекомендациями втулка должна иметь следующие геометрические параметры:  $D_1 = 74,5 \text{ h}9$  мм,  $D_2 = 54,7 \text{ h}6$  мм,  $d_1 = 70,5 \text{ H}9$  мм,  $d_2 = 53 \text{ H}4$  мм,  $L = 37$  мм,  $l = 14$  мм,  $l_1 = 11,5$  мм,  $l_2 = 6,5$  мм,  $l_3 = 7$  мм» [25].

«Оставшиеся размеры определяются расчетным способом» [25].

«Наружный диаметр, контактирующий с заготовкой, определяется по формуле:

$$D_H = d_3 - \Delta_{\text{гар}}, \quad (22)$$

где  $d_3$  – диаметр заготовки, мм;

$\Delta_{\text{гар}}$  – гарантированный зазор, мм» [25].

$$D_H = 75 - 0,030 = 74,97 \text{ мм.}$$

«Диаметр выточки определяется по формуле:

$$d = D_H - 2 \cdot h, \quad (23)$$

где  $h$  – высота смятия, мм» [25].

$$d = 74,97 - 2 \cdot 1,1 = 72,77 \text{ мм.}$$

«Изменение наружного диаметра при деформации определяется по формуле:

$$\Delta D_H = \delta D_H + \delta d_3 + \Delta_{\text{гар}}, \quad (24)$$

где  $\delta D_H$  – допуск на наружный диаметр втулки, мм;

$\delta d_3$  – допуск на диаметр заготовки, мм;

$\Delta_{\text{гар}}$  – гарантированный зазор, мм» [24].

$$\Delta D_H = 0,005 + 0,039 + 0,030 = 0,074 \text{ мм.}$$

«Следующим этапом является определение силовых характеристик приспособления» [25].

«Определяем усилие, которое необходимо для сжатия втулки:

$$P_3 = \frac{D_H}{x}, \quad (25)$$

где  $x$  – расчетный коэффициент» [24].

$$P_3 = \frac{74,97}{0,0072} = 10413 \text{ Н.}$$

«Выполняем проверку проектируемой оправки на крутящий момент» [24]. Для этого необходимо сравнить момент, возникающий при резании с максимально возможным моментом, который может передать проектируемая оправка.

«Максимальный крутящий момент, передаваемый оправкой,

рассчитывается по формуле:

$$M_{кр.мах} = 1,5 \cdot \pi \cdot d_3^2 \cdot P_3 \cdot n \cdot 10^{-4}, \quad (26)$$

где  $n$  – число втулок» [24].

$$M_{кр.мах} = 1,5 \cdot \pi \cdot 75^2 \cdot 10413 \cdot 1 \cdot 10^{-4} = 27588 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

«Условие работоспособности оправки:

$$M_{кр.мах} \geq K \cdot M_{кр}, \quad (27)$$

где  $K$  – коэффициент запаса,

$M_{кр}$  – момент, возникающий в процессе обработки, Н·мм» [24].

«Рассчитываем правую составляющую формулы (27).

$$K \cdot M_{кр} = 2,5 \cdot 3500 = 8750 \text{ Н}\cdot\text{мм}» [24].$$

Расчеты показали, что крутящий момент, передаваемый оправкой, соответствует моменту, возникающему в процессе резания, так как условие (27) выполнено.

На следующем этапе необходимо спроектировать механизированный зажимной механизм. В данном случае для закрепления заготовки необходима только деформация гофрированной втулки, поэтому конструкция зажимного механизма представляет собой плунжер, соединенный с силовым приводом. При такой конструкции расчет зажимного механизма сводится к определению диаметра поршня силового привода, который определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (28)$$

где  $Q$  – требуемое усилие, Н,

$P$  – давление в пневматической системе, МПа» [7].



Учитывая, что ранее была выполнена проверка втулки на передаваемый крутящий момент при имеющихся параметрах, требуемое усилие примем равным усилию на деформацию втулки.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 10413}{0,4} + 40^2} = 118 \text{ мм.}$$

Как отмечалось ранее, в качестве силового привода предполагается использовать стандартный силовой привод, «поэтому полученное расчетное значение диаметра поршня округляем до стандартного большего равного 120 мм» [7].

«На заключительном этапе проектирования станочного приспособления необходимо рассчитать его точность» [7]. Для этого составляем схему расчета погрешностей (рисунок 5).

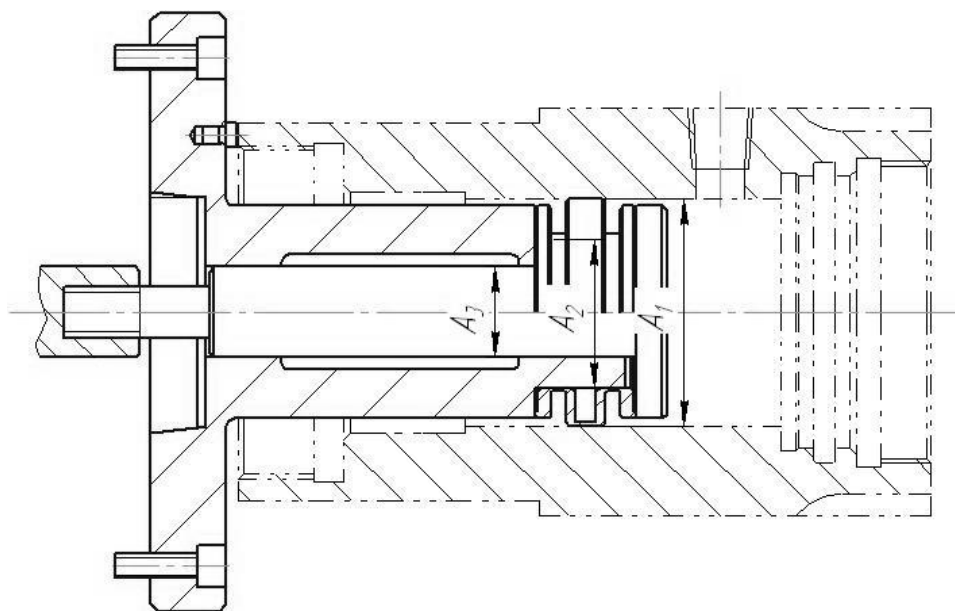


Рисунок 5 – Схема расчета погрешностей

«Из схемы следует:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (29)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность, возникающая вследствие неточности изготовления втулки, мм;

$\Delta_2$  – погрешности из-за колебания зазора в сопряжении, мм;

$\Delta_3$  – погрешность из-за неточности изготовления посадочного отверстия, мм» [7].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,005^2 + 0,014^2 + 0,028^2} = 0,010 \text{ мм.}$$

Для того, что бы определить соответствует полученное значение требуемой точности приспособления необходимо рассчитать допустимую точность приспособления:

$$\langle \varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot TD, \quad (30)$$

где  $TD$  – точность выполняемого размера, мм» [7].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,035 = 0,011 \text{ мм.}$$

Расчеты показали, что расчетная точность спроектированной оправки выше допустимой, то есть приспособление может быть использовано на данной операции.

Приспособление состоит из корпуса, на наружной поверхности которого установлена гофрированная втулка. Внутри корпуса установлен плунжер осуществляющий деформацию втулки. Плунжер соединен с приводом.

Работа приспособления осуществляется следующим образом. Воздух подается в штоковую полость пневмоцилиндра и перемещает поршень со штоком, закрепленным с плунжером. В результате плунжер воздействует на торцевую часть втулки, тем самым деформируя ее. «Происходит закрепление заготовки» [25]. При подаче воздуха в противоположную часть пневмоцилиндра система возвращается в исходное положение.

Подробно конструкция приспособления, а также его технические

характеристики представлены в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам» и на листе графической части работы.

### 3.2 Проектирование дисковой фрезы

Проведя дальнейший анализ полученного технологического процесса, приходим к выводу о том, что на фрезерной операции по получению пазов (рисунок 6) использование стандартных дисковых фрез приводит к относительно низкой производительности и повышенному расходу режущего инструмента, что для операции с относительно низкой точностью недопустимо.

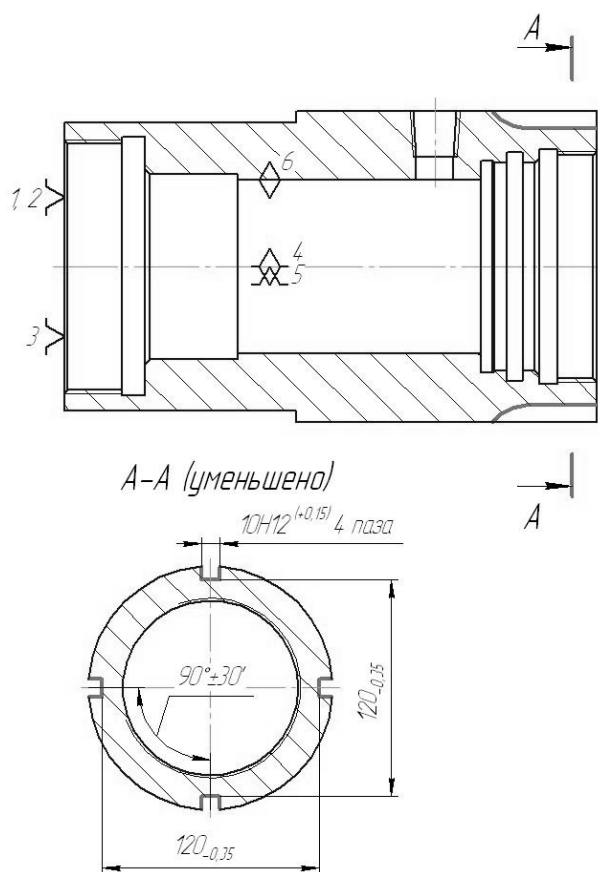


Рисунок 6 – Эскиз фрезерной операции

Анализ литературы показал, что данную проблему можно устранить

путем применения в конструкции фрезы вставных ножей трапецеидального типа. Определение геометрических параметров проектируемой фрезы осуществим по данным [10].

«Наружный диаметр фрезы:

$$d_a = 0,12 \cdot B^{0,25} \cdot t^{0,09} \cdot S_Z^{0,55} \cdot l^{0,75} \cdot y^{-0,25} + 2 \cdot (t^l + \Delta), \quad (31)$$

где  $B$  – ширина фрезерования;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_Z$  – подача на зуб, мм/об;

$l$  – расстояние между опорами, мм;

$y$  – допустимый прогиб оправки, мм;

$t^l$  – глубина паза, мм;

$\Delta$  – толщина проставочного кольца, мм» [10].

Производим расчеты.

$$\begin{aligned} d_a &= 0,12 \cdot 10^{0,25} \cdot 7,5^{0,09} \cdot 0,06^{0,55} \cdot 80^{0,75} \cdot 0,4^{-0,25} + 2 \cdot (7,5 + 10) = \\ &= 241,15 \text{ мм.} \end{aligned}$$

«Полученное значение округляем до ближайшего большего равного 250 мм» [10].

«Число зубьев фрезы определяется по формуле:

$$z = 360 \cdot \frac{\xi}{\psi}, \quad (32)$$

где  $\xi$  – коэффициент равномерности фрезерования;

$\psi$  – угол контакта фрезы с заготовкой, град» [10].

«Угол контакта фрезы с заготовкой определяется по формуле:

$$\psi = \arccos \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot t}{d_a}\right). \quad (33) \gg [10]$$

«Получим следующие результаты.

$$\psi = \arccos \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 7,5}{250}\right) = 22,5 \text{ град.}$$

$$z = 360 \cdot \frac{2}{22,5} = 32 \text{ » [10].}$$

В соответствии с принятой методикой проектирования посадочное отверстие для крепления фрезы составляет 40 мм.

Конструкция фрезы имеет следующие усовершенствования, внесенные на основании рекомендаций [32]. Внесены изменения в систему крепления режущих зубьев, что повысило надежность их крепления при больших усилиях резания. С целью повышения производительности обработки на зубьях предлагается выполнить две режущих кромки, причем половину сделать левосторонними вторую правосторонними с чередованием через один. Форму режущих зубьев также предлагается изменить в соответствии с рекомендациями [34].

Подробно конструкция фрезы со всеми предлагаемыми изменениями представлена в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам» и на листе графической части работы.

«Результатом выполнения данного раздела стало решение задач по совершенствованию спроектированной технологии путем проектирования оправки для шлифовальной операции и дисковой фрезы для фрезерной операции» [11], что позволило повысить их эффективность и устранить выявленные в ходе анализа базовой технологии недостатки.

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

### **4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта**

Объектом выпускной квалификационной работы является технологический процесс изготовления втулки гидропривода в условиях среднесерийного типа производства.

Технологический процесс состоит из токарных, сверлильных, фрезерных, шлифовальных операций. В ходе технологического процесса используются следующие средства технологического оснащения. Станки: токарные 16К20Ф3, вертикально-сверлильный 2Н135Ф2-1, горизонтально-фрезерный 6Р80, внутришлифовальные 3К228, резьбошлифовальные 5К822В. Станочные приспособления: патроны трехкулачковые, оправки, делительные головки. Режущие инструменты: резцы, сверло, зенкер, метчик, фреза дисковая, круги шлифовальные. Средства контроля: штангенциркули, нутромеры, скобы, калибры. Обслуживание и управление оборудования обеспечивают операторы станков с числовым программным управлением, сверловщики, фрезеровщики, шлифовщики.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Профессиональные риски, возникающие при проведении технологического процесса, идентифицируем по ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [4].

Полученные данные приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
средства технологического оснащения, указанные в пункте 4.1	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [4]	«падение с высоты, падение предметов» [4]
	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [4]	«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [4]
	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [4]	«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [4]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [4]	«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [4]
	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [4]	«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств (например потеря равновесия, ослаблении внимания)» [4]
	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых» [4]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим» [4]

Продолжение таблицы 6

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
–	тел и их поверхностей, характеризующие повышенным уровнем общей вибрации» [4]	или сосудистым расстройством» [4]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [4]	«физические перегрузки» [4]
	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [4]	«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [4]

Определенные риски установлены исходя из наибольшей вероятности их появления в соответствии с применяемыми для изготовления детали средствами технологического оснащения.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Произведем подбор методов и средств снижения профессиональных рисков по Приказу Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» [4].

Полученные данные приведены в таблице 7.



Таблица 7 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«падение с высоты, падение предметов» [4]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [4]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания от неполадок или повреждения систем управления» [4]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [4], «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [4]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [4], «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [4]
«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [4]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты,» [4]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация» [4]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
–	«дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [4]	«технологического оборудования» [4]
«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [4]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [4]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [4]
«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [4]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [4]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [4]
«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [4]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими» [4]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного» [4]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
–	«средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [4]	«оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [4]
«физические перегрузки» [4]	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [4]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [4]
«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [4]	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [4]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [4]

Предлагаемые организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора являются достаточными и эффективными при осуществлении спроектированного технологического процесса.

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

Идентификация источников потенциального пожара основано на знании класса пожара и выявлении его опасных факторов. «В данном случае класс пожара D, характеризуемый воспламенением и горением металлов» [4].

«Опасные факторы потенциального пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [4].

Для определения технических средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности необходимо определить категорию пожароопасности помещения. «В данном случае помещение относится к категории ВЗ помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б» [4].

Для помещений данной категории рекомендуются следующие средства пожаротушения: огнетушители ОП-10, мотопомпа, пожарные извещатели, пожарные щиты класса ЩП-А, пожарная сигнализация. Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: инструкции по действиям персонала, инструктаж по пожарной безопасности.

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

В ходе выполнения рассматриваемого технологического процесса возникает ряд негативных экологических факторов. В первую очередь это возможность загрязнения гидросферы и литосферы горюче-смазочными

материалами, используемыми для работы оборудования, а также технологическими жидкостями, применяемыми в ходе технологического процесса. Также возможно их загрязнение частицами абразива, металлической стружкой и ломом, а также мусором, возникающим в ходе технологического процесса. Влияние на атмосферу выражено незначительными выбросами металлической и абразивной пыли, возникающими при шлифовании. Количество данных выбросов крайне мало.

Снижение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду регламентируется путем проведения мероприятий регламентированных в ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [4]. «С целью снижения и устранения загрязнения гидросферы применяются технические средства по очистке сточных вод, которые должны соответствовать ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения»» [4].

В данном разделе решена задача комплексной оценки безопасности и экологичности технического объекта. Выявлены профессиональные риски, действующие на работников производства, разработаны мероприятия по снижению их влияния. Предложены мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности на производстве.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает применение более современной оснастки и более износостойкого инструмента, что приводит к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованных операций. Используемая оснастка и инструмент представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы.

Результаты технических изменений после совершенствований операции, а именно замены оснастки и инструмента:

- сокращение основного времени выполнения операций на 24,2 %;
- сокращение вспомогательного времени на 8,5 %;
- увеличение стойкости применяемого инструмента в 1,5 раза.

Описанные результаты достаточно существенны для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 7 представлены методики, которые позволят грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 7 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [12]

Используя, описанную на рисунке 7, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ( $K_{BB}$ ), которая составила 69769,2 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 8 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 8, можно сказать, что затраты на проектирование изменений являются самыми существенными, так как их доля составила 58,7% в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 9.

**Квв = 69769,2 руб.**

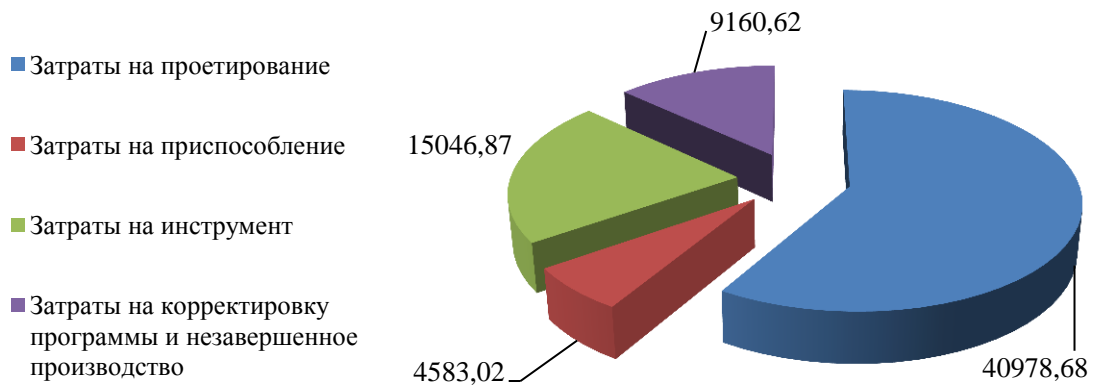


Рисунок 8 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

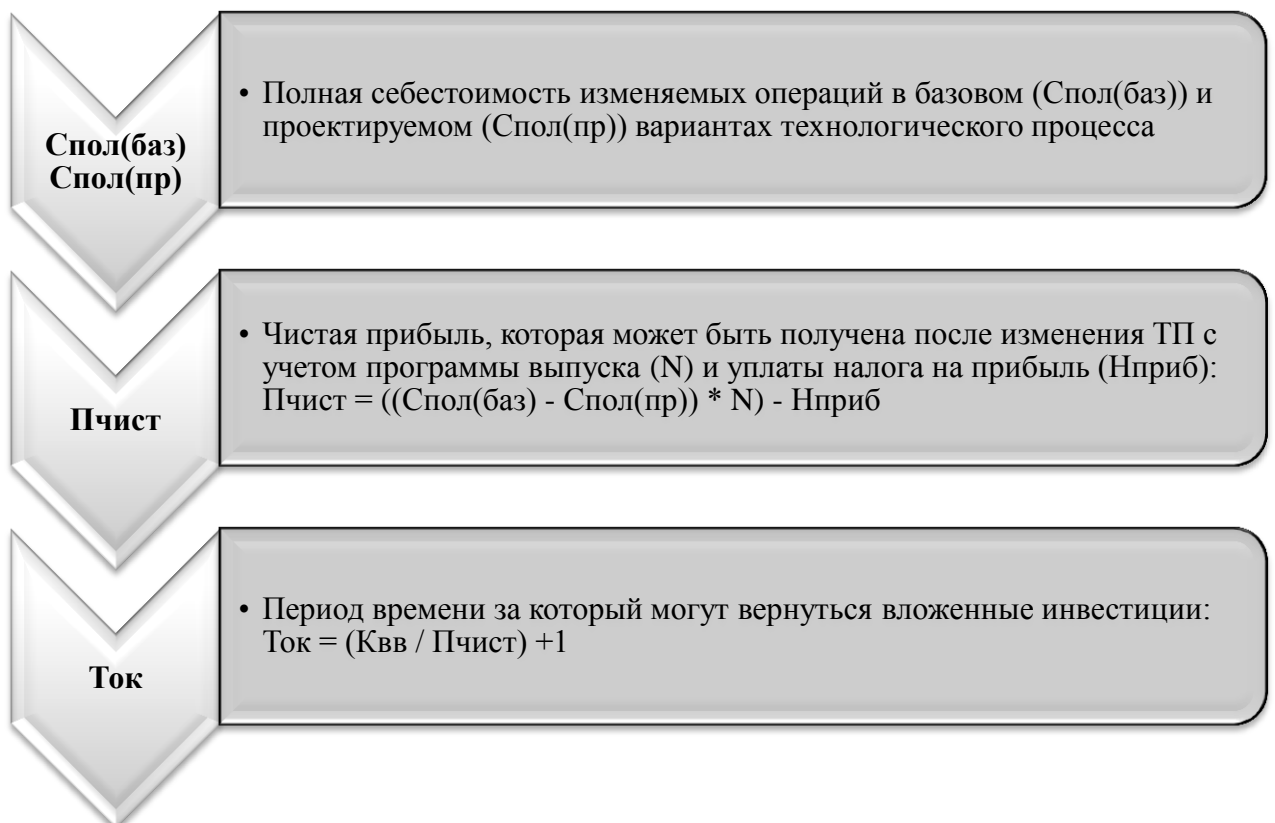


Рисунок 9 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 9, для получения результата по сроку



окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизится или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, насколько она снизится, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года. Другими словами, срок окупаемости должен быть меньше, либо равен четырем годам.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ( $\mathcal{E}_{инт}$ ) путем расчета через сложные проценты. Они позволяют максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 10 представлены рассчитанные значения следующих показателей:

- чистая прибыль,
- срок окупаемости
- и экономический эффект.

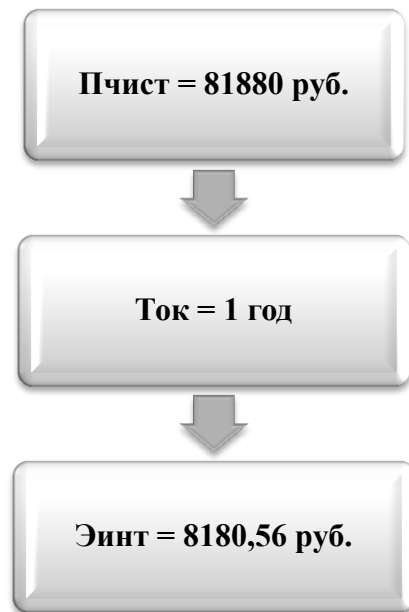


Рисунок 10 – Значения показателей чистой прибыли ( $P_{\text{ЧИСТ}}$ ), срока окупаемости ( $T_{\text{ОК}}$ ) и экономического эффекта ( $\text{Э}_{\text{ИНТ}}$ )

Как показано на рисунке 10, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

В данном разделе произведены расчеты, подтверждающие экономическую эффективность предлагаемых технических решений в условиях среднесерийного типа производства.

## Заключение

Выполнение работы позволило спроектировать один из вариантов технологии изготовления втулки гидропривода на основе типового технологического процесса в условиях среднесерийного типа производства и повысить ее эффективность за счет устранения недостатков базовой технологии путем проектирования эффективных средств технологического оснащения. В первую очередь для этого проведен анализ исходных данных, на основе которых сформулированы задачи работы. Далее поставленные задачи были последовательно решены.

«Технологические задачи включали в себя: выбор оптимальной заготовки и ее проектирование, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [11]. При этом за основу был принят типовой технологический процесс, что повысило качество проектных решений. Задачи по совершенствованию спроектированной технологии решены «путем проектирования оправки для шлифовальной операции и дисковой фрезы для фрезерной операции» [11], что позволило повысить их эффективность и устранить выявленные в ходе анализа базовой технологии недостатки. Предлагаемая для шлифовальной операции оправка позволила исключить погрешность базирования, тем самым обеспечив требуемую точность обработки. Предлагаемая для фрезерной операции фреза, позволила увеличить стойкость режущего инструмента и производительность обработки. Решена задача комплексной оценки безопасности и экологичности технического объекта. Выявлены профессиональные риски, действующие на работников производства, разработаны мероприятия по снижению их влияния. Предложены мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности на производстве. Произведены расчеты, подтверждающие экономическую эффективность предлагаемых технических решений в условиях среднесерийного типа производства.

## Список используемых источников

1. Афонькин М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2 –е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380 с.
2. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра –Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 12.04.2023).
3. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
4. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
5. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
6. Зубарев Ю. М. Режущий инструмент: учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 20.04.2023).
7. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт –Петербург: Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 09.04.2023).
8. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 27.03.2023).

9. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА –М, 2019. – 269 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008022> (дата обращения: 04.04.2023).

10. Кожевников Д.В. Режущий инструмент. [Электронный ресурс] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, С.Н. Григорьев. – Электрон. дан. – М.: Машиностроение, 2014. – 520 с.

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт –Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 15.04.2023).

12. 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: 11.05.2023).

13. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.]; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. – 4 –е изд., стер. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 356 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 18.04.2023).

14. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва.: ИНФРА –М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 19.04.2023).

15. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3 –е изд., доп. – Москва : ИНФРА –М, 2022. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 09.04.2023).

16. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под общ. ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 399 с.

17. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб. –метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва». – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с.

18. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2 –е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

19. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4 –е изд., перераб. и доп. – Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

20. Сибикин М. Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: учебник / М.Ю. Сибикин. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2021. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1288990> (дата обращения: 01.04.2023).

21. Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2006. – 541 с.

22. Справочник технолога –машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5–е изд., испр. – Москва : Машиностроение–1, 2003. – 910 с.

23. Справочник технолога –машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5 –е изд., испр. – Москва : Машиностроение –1, 2003. – 941 с.

24. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 592 с.

25. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 655 с.

26. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

27. Харченко А. О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учебное пособие / А.О. Харченко. – 2 –е изд. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА –М, 2023. – 260 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 08.04.2023).

28. Химический состав и физико-механические свойства стали 38ХГН [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/38XGH](https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/38XGH) (дата обращения: 09.03.2023).

29. Ямников А. С. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / А. С. Ямников, А. А. Маликов; под ред. А. С. Ямникова. – Москва; Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 252 с – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168516> (дата обращения: 29.03.2023).

30. Chryssolouris, George. Manufacturing Systems: Theory and Practice. George Chryssolouris – Patras: Publishing University of Patras, 2005. – 603 page.

31. Cica D. Predictive modeling of turning operations under different cooling/lubricating conditions for sustainable manufacturing with machine learning techniques. / Cica D., Sredanovic B., Tesic S., Kramar D. // Applied Computing and Informatics. 2020. P. 28 – 36

32. Ghosh S., Rao P.V., Application of sustainable techniques in metal cutting for enhanced machinability: a review. / J. Cleaner Prod. 100 (2015), P 17 – 34.

33. Mikołajczyk T. Predicting tool life in turning operations using neural networks and image processing. / Mikołajczyk T., Nowicki K., Bustillo A., Pimenov D.Y. // Mechanical Systems and Signal Processing. 2018. T. 104. P. 503 – 513.

34. Zhou L. Energy consumption model and energy efficiency of machine tools: a comprehensive literature review. / Zhou L., Li J., Li F., Meng Q., Li J., Xu X. // J. Cleaner Prod. 112 (2016), P 3721 – 3734.





Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
0 19	156,8 <sup>+0,4</sup>	131,8 <sup>+0,4</sup>														
T 20	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10;															
T 21	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89; 393450															
T 22	Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.															
23																
A 24	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 25	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		163
0 26	Точить поверхности 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 в размер М100, $\phi 91,6^{+0,14}$															
0 27	$\phi 92^{+0,14}$ , $\phi 100^{+0,14}$ , $\phi 105^{+0,14}$ , $231,3^{+0,185}$ , $1 \times 45^\circ$ .															
T 28	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец подрезной															
T 29	ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393400 Калибр;															
T 30	393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.															
31																
A 32	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 33	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		222
0 34	Точить поверхности 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 в размер М100, $\phi 115^{+0,16}$ , $\phi 80^{+0,1}$ , $\phi 73,294^{+0,1}$ , $231,3^{+0,185}$															
0 35	$195,8^{+0,185}$ , $155,8^{+0,16}$ , $1 \times 45^\circ$ .															
T 36	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец подрезной															
T 37	ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393400 Калибр;															
T 38	393450 Нутромер НМ-100 ГОСТ10-88.															
39																
A 40	XX XX XX 025 4120 Сверлильная															
Б 41	381210 Вертикально-сверлильный 2Р135Ф2-13					17335	312	1Р	1	1	1	1200	1		105	
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
0 42	<i>Сверлить, зенкеровать поверхность 15 в размер <math>\phi 16^{+0,07}</math>; нарезать резьбу K1/2."</i>														
T 43	<i>396190 Оправка кулачковая; 391213 Сверло <math>\phi 16</math> ГОСТ10903-77 Р6М5; 391603Зенкер <math>\phi 16</math> ГОСТ12489-71</i>														
T 44	<i>Р6М5; 391335 Метчик ГОСТ3266-81 Р18; 393400 Калибр.</i>														
45															
A 46	<i>XX XX XX 030 4262 Фрезерная</i>														
B 47	<i>381631 Фрезерный 6Р80 3 18632 312 1Р 1 1 1 800 1 1,56</i>														
0 48	<i>Фрезеровать поверхности 18, 19, 20 в размер <math>10^{+0,15}</math>, <math>120^{+0,35}</math></i>														
T 49	<i>396190 Оправка цанговая; 391820 Фреза дисковая специальная Р6М5; 393400 Калибр.</i>														
50															
A 51	<i>XX XX XX 035 Термическая</i>														
52															
A 53	<i>XX XX XX 040 4132 Шлифовальная</i>														
B 54	<i>381312 Внутришлифовальный ЗК228 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 16</i>														
0 55	<i>Шлифовать поверхности 21, 29, 31 в размер <math>\phi 89,4^{+0,057}</math>, <math>230,8^{+0,072}</math></i>														
T 56	<i>396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-100</i>														
T 57	<i>ГОСТ10-88.</i>														
58															
A 59	<i>XX XX XX 045 4132 Шлифовальная</i>														
B 60	<i>381312 Внутришлифовальный ЗК228 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 3,16</i>														
0 61	<i>Шлифовать поверхности 1, 10, 14 в размер <math>\phi 80^{+0,039}</math>, <math>\phi 74,556^{+0,039}</math>, <math>230,3^{+0,072}</math></i>														
T 62	<i>396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-100</i>														
T 63	<i>ГОСТ10-88.</i>														
64															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз
А 65	XX XX XX	050	4132	Шлифовальная												
Б 66	381312	Внутришлифовальный	ЗК228	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1				184
О 67	Шлифовать поверхности 21, 29, 31 в размер $\phi 90^{+0,035}$ , $230^{+0,072}$															
Т 68	396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-100															
Т 69	ГОСТ10-88.															
70																
А 71	XX XX XX	055	4132	Шлифовальная												
Б 72	381312	Внутришлифовальный	ЗК228	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1				29
О 73	Шлифовать поверхности 34, 35 в размер $191^{+0,063}$ , $7^{+0,022}$															
Т 74	396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393400 Калибр.															
75																
А 76	XX XX XX	060	4132	Шлифовальная												
Б 77	381312	Внутришлифовальный	ЗК228	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1				246
О 78	Шлифовать поверхность 14 в размер $\phi 75^{+0,05}$															
Т 79	396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393400 Калибр.															
80																
А 81	XX XX XX	065	4130	Шлифовальная												
Б 82	381310	Резьбшлифовальный	5К822В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1				162
О 83	Шлифовать поверхность 22 в размер М100х2 6Н															
Т 84	396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393400 Калибр.															
85																
А 86	XX XX XX	070	4130	Шлифовальная												
Б 87	381310	Резьбшлифовальный	5К822В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1				20
МК																

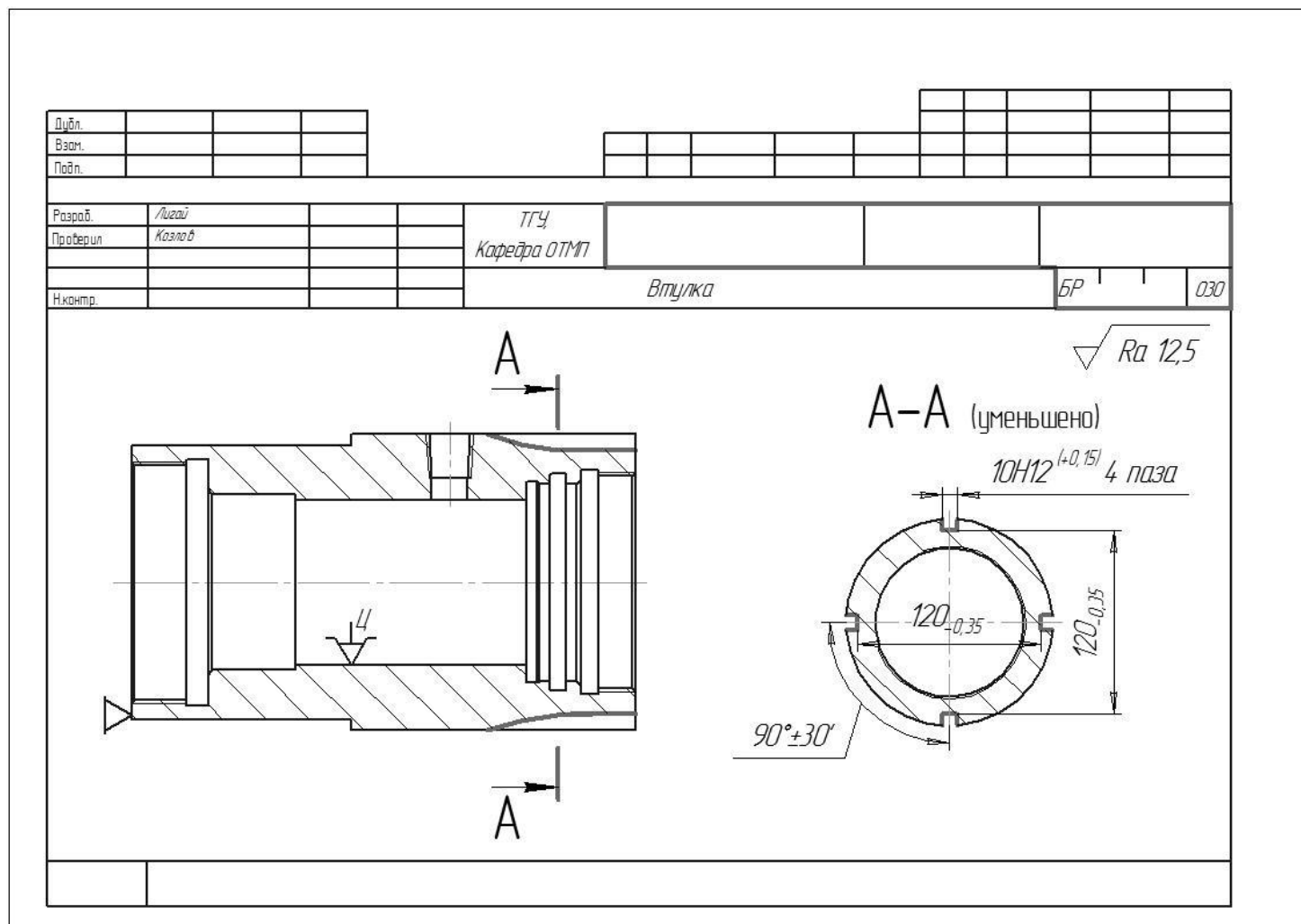
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа								
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Б	Код, наименование оборудования													
0 88	<i>Шлифовать поверхность 22 в размер М100х2 6Н.</i>													
Т 89	<i>396190 Оправка с гофрированной втулкой; 39810 Круг шлифовальный; 393400 Калибр.</i>													
90														
А 91	<i>XX XX XX 075 Моечная.</i>													
92														
А 93	<i>XX XX XX 080 Контрольная.</i>													
94														
95														
96														
97														
98														
99														
100														
101														
102														
103														
104														
105														
106														
107														
108														
109														
110														
МК														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



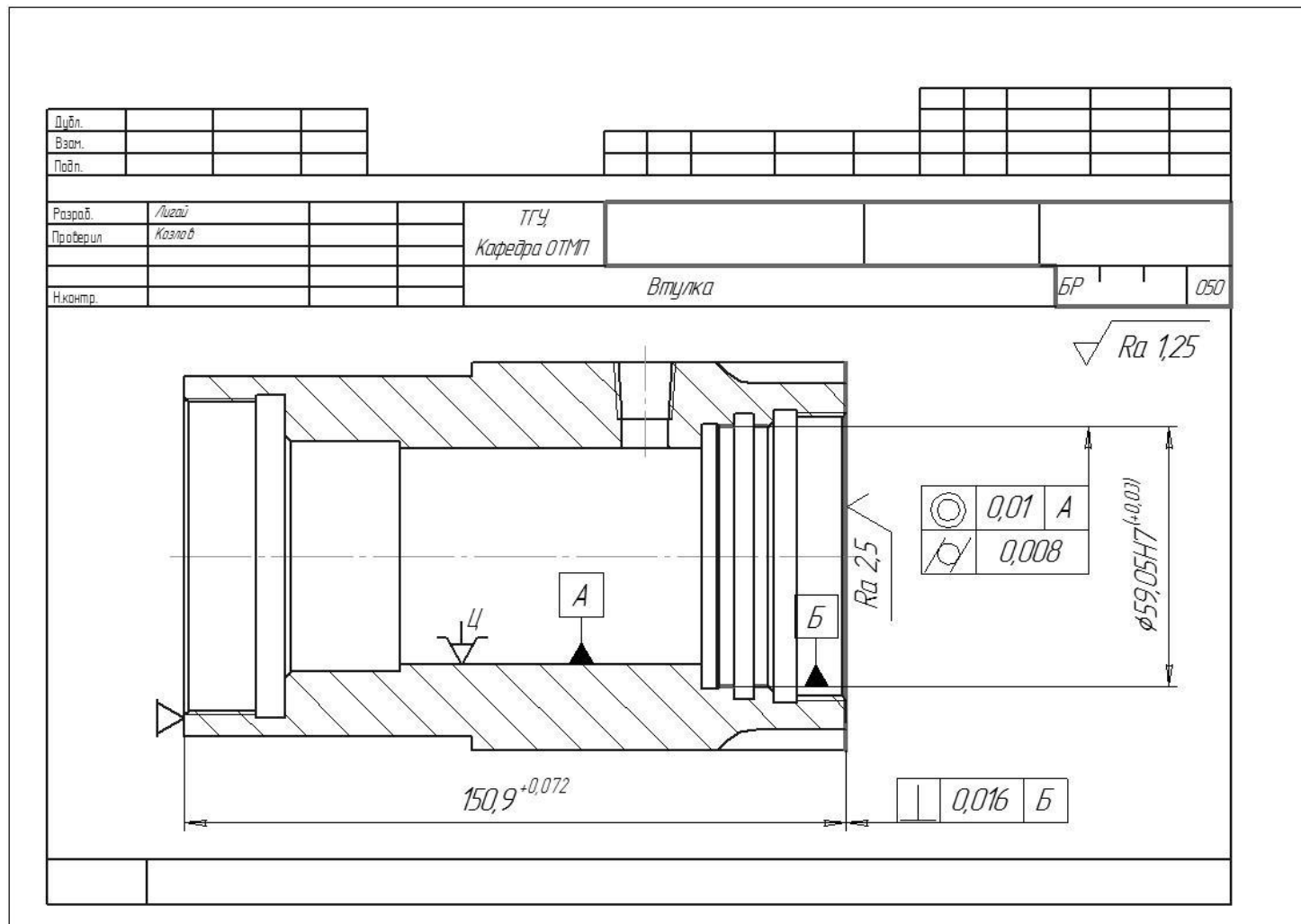
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Ливай</i>												
Проверил	<i>Козлов</i>												
И.контр.													
<i>Втулка</i>										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													<i>030</i>
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
<i>Фрезерная</i>		<i>Сталь 38ХГН ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 250</i>	<i>166</i>	<i>15,63</i>	<i>№14,0x237</i>			<i>23,45</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тге	тип	сож					
<i>6Р80</i>				<i>0,7</i>			<i>156</i>	<i>Укринат-1</i>					
			пи	о или в	L	r	i	s	п	v			
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>												
<i>Т.02</i>	<i>396190 Оправка цанговая; 391820 Фреза дисковая специальная Р6М5; 393400 Калибр.</i>												
<i>0.03</i>	<i>2. Точить поверхности 18, 19, 20 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>												
<i>Р.04</i>			<i>1</i>			<i>9,0</i>		<i>0,06</i>	<i>80</i>	<i>35</i>			
<i>05</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
<i>06</i>													
<i>07</i>													
<i>08</i>													
<i>09</i>													
<i>10</i>													
<i>11</i>													

# Продолжение Приложения А

## Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Ливай</i>												
Проверил	<i>Козлов</i>												
Н.контр.													
<i>Втулка</i>										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													<i>050</i>
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
<i>Внутришлифовальный</i>		<i>Сталь 38ХГН ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 250</i>	<i>166</i>	<i>15,63</i>	<i>№14,0,8x237</i>			<i>23,45</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тге	тип	сож					
<i>ЭК228</i>				<i>11</i>			<i>184</i>	<i>Украина-1</i>					
		пи	о или в	L	t	i	s	p	v				
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>												
<i>Т.зв</i>	<i>396190 Оправка с зафриванной втулкой; 39810 Круг шлифовальный.</i>												
<i>02</i>	<i>2. Шлифовать поверхности 21, 29, 31 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>												
<i>Р.зв</i>		<i>1</i>					<i>0,011</i>	<i>360</i>	<i>35</i>				
<i>Р.зв</i>		<i>2</i>					<i>0,005</i>	<i>360</i>	<i>35</i>				
<i>Т.зв</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
<i>07</i>													
<i>08</i>													
<i>09</i>													
<i>10</i>													



Приложение Б

**Спецификации к сборочным чертежам**

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<i>Документация</i>					
A1		23.БР.ОТМП.244.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>					
A3	1	23.БР.ОТМП.244.65.00.001	Корпус	1	
A4	2	23.БР.ОТМП.244.65.00.002	Плунжер	1	
A4	3	23.БР.ОТМП.244.65.00.003	Втулка гофрированная	1	
A4	4	23.БР.ОТМП.244.65.00.004	Тяга	1	
A2	5	23.БР.ОТМП.244.65.00.005	Корпус пневмоцилиндра	1	
A4	6	23.БР.ОТМП.244.65.00.006	Шток	1	
A4	7	23.БР.ОТМП.244.65.00.007	Крышка пневмоцилиндра	1	
A4	8	23.БР.ОТМП.244.65.00.008	Поршень	1	
A4	9	23.БР.ОТМП.244.65.00.009	Муфта	1	
A4	10	23.БР.ОТМП.244.65.00.010	Крышка муфты передняя	1	
A4	11	23.БР.ОТМП.244.65.00.011	Корпус муфты	1	
A4	12	23.БР.ОТМП.244.65.00.012	Крышка муфты задняя		
<i>Стандартные изделия</i>					
	13		Кольцо ГОСТ2833-77	1	
	14		Винт М5х20 ГОСТ17476-84	4	
	15		Винт М5х20 ГОСТ17476-84	4	
	16		Винт М8х30 ГОСТ17476-84	4	
	17		Опора 13440-68	3	
	18		Винт М8х15 ГОСТ1479-93	1	
23.БР.ОТМП.244.65.00.000					
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата
Разраб. Лизгай					
Проб. Козлов					
Н.контр. Козлов					
Утв. Логинов					
Оправка с гофрированной втулкой				Лист 1	Листов 2
Копировал				ТГУ, ИМ гр. ТМБ-1901а Формат А4	



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			23.БР.ОТМП.244.70.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A3	1		23.БР.ОТМП.244.70.00.001	Корпус	1	
A4	2		23.БР.ОТМП.244.70.00.002	Нож	32	
23.БР.ОТМП.244.70.00.000						
Изм. Лист		№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб. Лугой						
Проб. Козлов						
Н.контр. Козлов						
Утв. Логинов						
				Фреза дисковая		
				Лит. В		Лист 1
				Лист		Листов 1
				Листов		
				ТГУ ИМ гр. ТМБ-1901а		
				Копировал		Формат А4