

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 оси ступицы

Обучающийся	<u>Д.В. Векшина</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>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2022

## Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс изготовления оси ступицы.

Цель работы: разработать технологию изготовления оси ступицы, которая позволит изготавливать годовую программу изготовления деталей заданного качества и обеспечит минимальные затраты на изготовление.

Во введении обоснована актуальность темы и сформулирована цель работы. В первом разделе работы проведен анализ исходных данных, определен тип производства и его характеристики. На основе этого сформулированы основные задачи работы. Во втором разделе выбран метод получения заготовки, проведено ее проектирование. Для этого проведено экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определены маршруты обработки поверхностей, определены припуски на обработку и характеристики заготовки. Проведено проектирование технологии изготовления и технологических операций. Для этого спроектирован маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбрано технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определены режимы выполнения операций и их технологическое нормирование. В третьем разделе предложены технические мероприятия по совершенствованию технологического процесса. Для этого выполнено проектирование самоцентрирующих тисков и сверла, что позволило сократить время выполнения соответствующих операций. В четвертом разделе проведен анализ безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. В пятом разделе произведена экономическая оценка предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию. Работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка включает 66 страниц. Графическая часть состоит из 7 листов формата А1.

## **Abstract**

In this final qualifying work, the hub axis manufacturing technological process is designed.

The purpose of the work: to develop a hub axis technology manufacturing the, which will make it possible to produce an annual manufacturing parts program of a given quality and ensure minimal manufacturing costs.

The introduction substantiates the topic relevance and formulates the work purpose. In the work first section, the initial data analysis was carried out, the production type and its characteristics were determined. Based on this, the work main tasks are formulated. In the second section, the workpiece obtaining method is selected, its design is carried out. For this purpose, an economic obtaining blanks possible methods comparison was carried out, surface treatment routes were determined, processing allowances and workpiece characteristics were determined. The manufacturing technology design and technological operations was carried out. For this purpose, the part manufacturing route and its manufacturing plan were designed, technological equipment and technological equipment means were selected, the operations modes and their technological rationing were determined. In the third section, technical measures are proposed to improve the technological process. For this purpose, the design of self-centering vises and drills was carried out, which made it possible to reduce the corresponding operations performing time. In the fourth section, an analysis of the designed technological process safety is carried out and measures are proposed to eliminate the identified shortcomings. In the fifth section, an economic assessment of the proposed technological process and technical solutions for its improvement is made. The work consists explanatory note and a graphic part. The explanatory note includes 66 pages. The graphic part consists of 7 sheets of A1 format.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и постановка задач работы.....	6
1.1 Функции и условия эксплуатации детали.....	6
1.2 Анализ детали на технологичность.....	7
1.3 Определение типа производства и его характеристик.....	10
1.4 Постановка задач.....	12
2 Проектирование технологического процесса.....	13
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	13
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	19
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	22
2.4 Проектирование технологических операций.....	24
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование самоцентрирующих тисков.....	29
3.2 Проектирование сверла.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
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.....	45
5 Экономическая эффективность работы.....	46
Заключение.....	51
Список используемых источников.....	52
Приложение А Технологическая документация.....	56
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	65

## Введение

В современных экономических условиях жестких санкций перед отечественным автомобилестроением остро встал вопрос насыщения внутреннего рынка автомобилями отечественного производства, состоящими из комплектующих произведенных внутри страны. Не менее актуальным является вопрос производства запчастей для уже имеющихся автомобилей, в том числе иностранного производства.

Учитывая объем рынка запчастей наиболее вероятным является выпуск деталей в условиях среднесерийного типа производства. Большинство деталей автомобильной промышленности выпускается в условиях массового производства. Поэтому необходимо решить задачу перехода от массового типа производства к среднесерийному типу производства. Производство деталей в таких условиях с целью снижения себестоимости изготовления должно обладать гибкостью, то есть возможностью быстрой переналадки на выпуск новых однотипных деталей. В таком случае цена детали будет сопоставима с ценой детали произведенной в условиях массового производства. Другим важным вопросом в процессе производства является обеспечение качества изготовления детали. В условиях среднесерийного производства применяются методы получения заготовок, методы обработки и методы достижения точности отличные от массового производства, но при этом они должны обеспечить неизменное и стабильное качество изготовления для всей годовой программы выпуска всей номенклатуры объектов производства. В данной работе рассматривается производство оси ступицы автомобиля, которая является одной из деталей автомобиля, выпуск которой нужно обеспечить в текущих экономических реалиях.

Цель работы: разработать технологию изготовления оси ступицы, которая позволит изготавливать годовую программу изготовления деталей заданного качества и обеспечит минимальные затраты на изготовление.

# 1 Анализ исходных данных и постановка задач работы

## 1.1 Функции и условия эксплуатации детали

Рассматриваемая в работе ось ступицы является деталью задней подвески автомобилей, выполненных на платформе Лада Гранта. Узел, в который входит ось, приведен на рисунке 1. Функции детали заключаются в размещении на ней ступицы заднего колеса с подшипника ступицы и обеспечении ее свободного вращения. Отличительной особенностью при установке подшипника на оси является использование для этого переходной посадки.

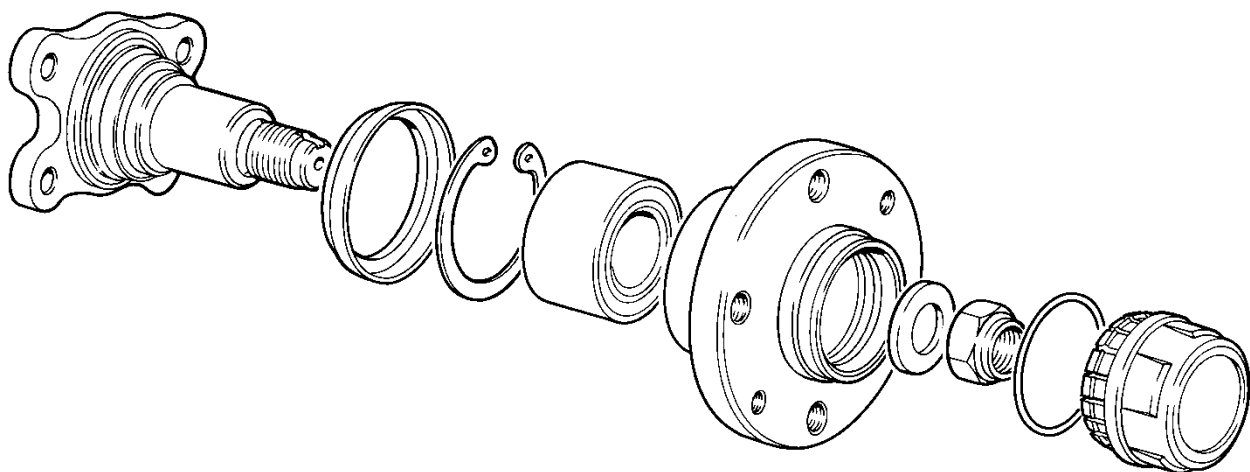


Рисунок 1 – Сборка задней оси

Узел работает следующим образом: от колеса, при передвижении машины, крутящий момент передается на ступицу заднего колеса, установленного на подшипнике. Далее крутящий момент передается на подшипник, установленный на оси ступицы и жестко связанный с задней подвеской автомобиля. Именно благодаря подшипнику, установленному на ось ступицы, и осуществляется беспрепятственное вращение задних колес и движение автомобиля.

Эксплуатация оси может проходить в самых различных климатических и дорожных условиях. Поэтому на деталь возможно влияние различных внешних факторов, таких как высокие и низкие температуры, повышенная влажность, частый контакт с водой, контакт с химически активными веществами, применяемыми, например, в реагентах. Воздействие данных факторов может привести к возникновению коррозии, разрушению и нарушению структуры поверхностного слоя и, как следствие этого, преждевременному износу поверхностей и выходу детали из строя. Также в процессе эксплуатации на деталь воздействуют различного рода механические нагрузки. Чаще всего нагрузки носят циклический знакопеременный характер, что обусловлено служебным назначением подвески автомобиля. По природе возникновения нагрузки могут быть ударными и вибрационными, а также комбинированными, что зависит в первую очередь от состояния дорожного покрытия по которому передвигается автомобиль. Постоянное воздействие данных нагрузок существенно сокращает срок службы детали. В ряде случаев возможно резкое изменение направления и величины нагрузки, например, при попадании колеса в яму. Такое изменение нагрузки резко снижает срок службы детали, а в ряде случаев может привести к выходу ее из строя.

## **1.2 Анализ детали на технологичность**

Технологичность детали определяется следующими критериями: «технологичность материала, технологичность конструкции детали, технологичность механической обработки» [17].

«Технологичность материала определяется его химическим составом и физико-механическими свойствами» [17]. Ось изготавливается из стали 40ХГНМ ГОСТ 4543–71. «Химический состав стали: углерод 0,38% – 0,43%, хром 0,7% – 1,1%, марганец 0,7% – 1,1%, никель 0,8% – 1,0%, молибден 0,15% – 0,25%, медь не более 0,3%, сера не более 0,035%, фосфор не более

0,035%. Механические свойства: предел текучести 970 МПа, предел прочности 1060 МПа, относительное удлинение 7%, относительное сужение 60%, твердость по шкале Бринелля 255 – 302 единиц» [21].

Данные характеристики материала предполагают его хорошую обрабатываемость резанием. Кроме того данный материал обладает хорошими пластическими свойствами, что определяет выбор метода получения заготовки в пользу методов получения пластическим деформированием, которые являются производительными и позволяют получить достаточно точные заготовки с хорошей внутренней структурой материала, без пор, раковин и других невидимых дефектов.

Технологичность конструкции детали определяется формой и размерами поверхностей, их взаимным расположением, а также количеством точных поверхностей.

Контур детали сформирован поверхностями вращения. Наиболее сложным по форме элементом оси является фланец. Все поверхности могут быть получены при помощи типовых методов обработки, таких как точение, фрезерование, сверление, шлифование и так далее. Следует учесть, что в случае необходимости механической обработки контура фланца данная операция может оказаться достаточно трудоемкой и увеличит конечную стоимость детали.

Размеры поверхностей детали и их взаимное расположение позволяет получать их при помощи стандартных средств технологического оснащения, что существенно снизит стоимость механической обработки.

Для того чтобы выявить точные поверхности и определить их количество необходимо классифицировать поверхности детали по назначению [17]. Эскиз детали с номерами поверхностей приведен на рисунке 2. Приведем классификацию поверхностей данной детали. «Исполнительная поверхность 13; основные конструкторские базы-3, 4, 6, 21; вспомогательные конструкторские базы 22; 11, 12, 19, 29; свободные все оставшиеся поверхности» [17].



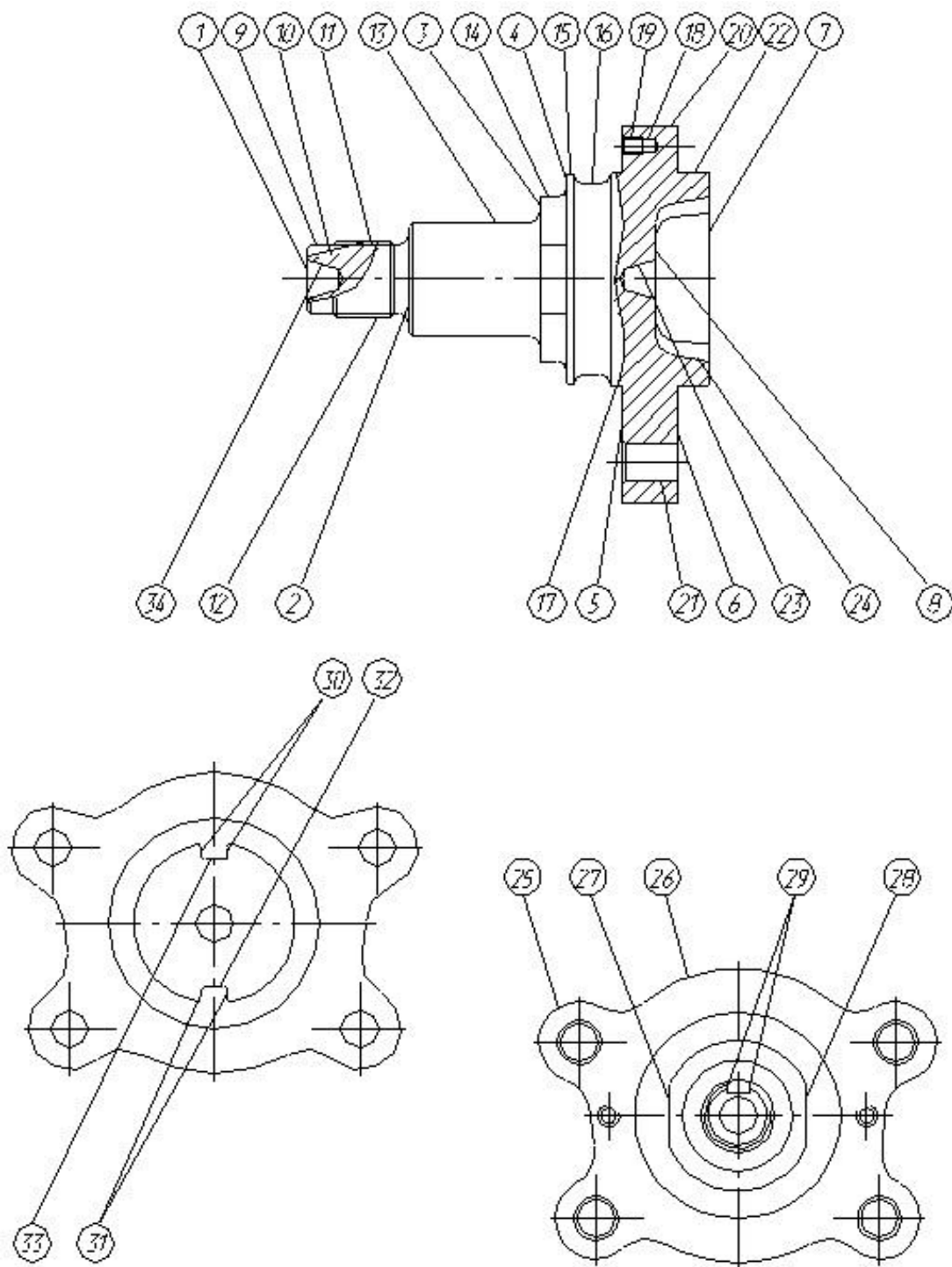


Рисунок 2 – Эскиз оси

Из приведенной классификации следует, что количество точных ответственных поверхностей, которыми являются исполнительные поверхности, основные конструкторские базы и вспомогательные конструкторские базы, относительно невелико.

Технологичность механической обработки определяется точностью, шероховатостью и твердостью поверхностей детали, а также базированием и возможностью его реализации.

Достижение необходимой твердости поверхности детали может быть достигнуто стандартными методами термической обработки, такими как закалка и отпуск. Точность и шероховатость поверхностей могут быть получены без применения специального оборудования и средств технологического оснащения, что позволяет применять при проектировании стандартные и ранее применяемые технологические решения. Базирование заготовки на операциях механической обработки может быть осуществлено с соблюдением принципов единства и постоянства баз как путем применения естественных, так и созданием искусственных технологических баз на основе типовых схем базирования. Реализация данных схем базирования может быть осуществлено с применением стандартных станочных приспособлений.

Анализ на технологичность позволяет признать рассматриваемую деталь технологичной, так как по всем основным критериям технологичности она имеет удовлетворительные показатели.

### **1.3 Определение типа производства и его характеристик**

«Тип механообрабатывающего производства определяется годовой программой выпуска изделий и его массой» [14]. «При массе детали равной 1,22 кг и годовой программе ее выпуска равной 6000 штук в год тип производства соответствует среднесерийному» [14].

Характеристик среднесерийного типа производства определяем согласно данным [11]:

- «групповая форма организации техпроцесса» [11];
- выпуск деталей партиями;
- предпочтительна последовательная стратегия разработки техпроцесса, допускается циклическая и линейная;

- применимые методы получения заготовок штамповка, прокат или литье в зависимости от свойств материала заготовки и ее формы;
- назначение методов обработки поверхностей исходя из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат;
- припуски на обработку назначаются для точных поверхностей расчетно-аналитическим методом, для не ответственных поверхностей статистическим;
- маршрут изготовления детали разрабатывается на основе типовых маршрутов;
- технология изготовления разрабатывается в маршрутном и маршрутно-операционном виде;
- операции проектируются исходя из принципа экстенсивной концентрации переходов;
- «точность обработки достигается методом работы на настроенном оборудовании, на финишных операциях возможно применение систем активного контроля» [11];
- режимы резания назначаются с применением расчетно-аналитических методов и нормативов;
- нормирование выполняется расчетным методом и на основе статистических норм;
- предпочтительно применение универсального оборудования, оснащенного CNC-системами;
- предпочтительно применение универсальных, стандартных и стандартизированных станочных приспособлений, режущих инструментов и средств контроля;
- основные производственные рабочие должны обладать высокой квалификацией со средним разрядом от четвертого;
- производственные участки формируются по групповому принципу.

## 1.4 Постановка задач

Приведенные ранее данные, с учетом цели данной работы, позволяют сформулировать следующие задачи работы.

На первом этапе необходимо выбрать метод получения заготовки и провести ее проектирование. Для этого необходимо провести экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определить маршруты обработки поверхностей, определить припуски на обработку и характеристики заготовки. Затем необходимо провести проектирование технологии изготовления и технологических операций. Для этого необходимо спроектировать маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбрать технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определить режимы выполнения операций и их технологическое нормирование. На следующем этапе необходимо предложить технические мероприятия по совершенствованию технологического процесса, что позволит сократить время выполнения соответствующих операций. Далее необходимо провести анализ безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и предложить мероприятия по устранению выявленных недостатков. После этого необходимо произвести экономическую оценку предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию.

В первом разделе работы проведен анализ исходных данных, определен тип производства и его характеристики. На основе этого, с учетом цели работы, сформулированы ее основные задачи.

## 2 Проектирование технологического процесса

### 2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Согласно характеристикам типа производства, применимые методы получения заготовок штамповка, прокат или литье в зависимости от свойств материала заготовки и ее формы.

«Материал, используемый для изготовления детали, обладает хорошими пластическими свойствами, что определяет выбор метода получения заготовки в пользу методов получения пластическим деформированием» [3], которые являются производительными и позволяют получить достаточно точные заготовки с хорошей внутренней структурой материала, без пор, раковин и других невидимых дефектов. Исходя из формы детали и данных литературы [3, 25] «для получения заготовки рассматриваемой детали оптимальными являются штамповка на молотах и штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе. Выбор одного из возможных вариантов произведем путем сравнения экономических затрат на получение деталей из данных заготовок по методике» [12].

«Общие затраты определяются по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

где  $C_{zi}$  – стоимость получения заготовки, руб.;

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

$i$  – индекс варианта получения заготовки» [12].

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где  $C_{mi}$  – цена материала за тонну, руб.;

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$  – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;

$K_T$  – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$  – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [12].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [12].

«Масса детали принимается по чертежу детали. Выполняем расчеты.

$$M_{z1} = 1,9 \cdot 2,27 = 4,32 \text{ кг.}$$

$$M_{z2} = 1,9 \cdot 2,42 = 4,26 \text{ кг} \text{» [12].}$$

«Стоимость получения заготовки по формуле (2) равна.

$$C_{z1} = \frac{30000 \cdot 4,32}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 151,63 \text{ р.}$$

$$C_{z2} = \frac{30000 \cdot 4,26}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 138,02 \text{ р.} \text{» [12].}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (4)$$

где  $C_{уд}$  – удельная стоимость обработки, руб./кг;

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала» [12].

«Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{им}i} = \frac{M_{\text{д}}}{M_3}. \quad (5) \gg [12].$$

Выполняем расчеты.

$$K_{\text{им}1} = \frac{1,9}{4,32} = 0,44.$$

$$K_{\text{им}2} = \frac{1,9}{4,26} = 0,45.$$

«Стоимость механической обработки по формуле (4) равна.

$$C_{\text{обр}1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,44} - 1\right) \cdot 1,9}{0,85} = 113,8 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр}2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,45} - 1\right) \cdot 1,9}{0,85} = 109,28 \text{ р.} \gg [12].$$

Общие затраты по формуле (1) составят.

$$C_1 = 151,63 + 113,80 = 265,43 \text{ р.}$$

$$C_2 = 138,02 + 109,28 = 247,30 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что метод получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе имеет лучшие экономические показатели. Следовательно, дальнейшее проектирование заготовки будем производить для данного метода.

Для формирования контура заготовки необходимо определить припуски на обработку поверхностей, предварительно составив маршруты их обработки.

Согласно характеристикам типа производства назначение методов обработки поверхностей производится исходя из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат с использованием данных [7, 26]. При назначении маршрутов обработки поверхностей учитывается их форма, точность размеров и шероховатость поверхности. Определенные согласно данной методике маршруты обработки поверхностей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Точность размера	Шероховатость, мкм	Последовательность обработки
1	плоская	12	12,5	фрезерование
2	плоская	12	12,5	точение
3	плоская	12	1,25	точение, точение чистовое, шлифование, шлифование чистовое
4	плоская	12	12,5	точение, точение чистовое
5	плоская	12	6,3	точение, точение чистовое
6	плоская	12	6,3	точение, точение чистовое
7	плоская	12	12,5	фрезерование
8	плоская	17	40	штамповка
9	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
10	плоская	10	12,5	фрезерование
11	винтовая	6g	12,5	резьбонарезание
12	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
13	цилиндрическая	6	0,63	точение, точение чистовое, шлифование, шлифование чистовое
14	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
15	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
16	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
17	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
18	цилиндрическая	10	6,3	штамповка
19	винтовая	10	6,3	резьбонарезание
20	цилиндрическая	17	40	штамповка
21	цилиндрическая	8	6,3	сверление, зенкерование
22	цилиндрическая	10	6,3	точение, точение чистовое
23	коническая	10	3,2	сверление
24	коническая	17	40	штамповка
25	цилиндрическая	17	40	штамповка
26	цилиндрическая	17	40	штамповка

По имеющимся маршрутам обработки поверхностей назначаются припуски на обработку. Для точной поверхности диаметром 30 мм с отклонениями  $(\begin{smallmatrix} -0,002 \\ -0,020 \end{smallmatrix})$  используется расчетно-аналитический метод [19].

«Минимальный припуск для каждого перехода рассчитывается по формуле:

$$2z_{imin} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6)$$



где  $Rz$  – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля  
поверхностного слоя, мм;

$h$  – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей  
обработки, мм;

$\Delta$  – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

$\varepsilon$  – величина погрешности установки заготовки, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [19].

«Суммарное пространственное отклонение заготовки рассчитывается  
по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{кор}}^2}, \quad (7)$$

где  $\Delta_{\text{см}}$  – смещение по линии разъема штампов, мм;

$\Delta_{\text{кор}}$  – коробление наружного диаметра, мм» [19].

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,35^2 + 0,50^2} = 0,61 \text{ мм.}$$

«Пространственное отклонение на точение рассчитывается по  
формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma-1}, \quad (8)$$

где  $K_y$  – коэффициент уточнения формы;

$\Delta_{\Sigma-1}$  – отклонение на предшествующей операции, мм» [19].

Для черногого точения получим.

$$\Delta_{\Sigma} = 0,06 \cdot 0,61 = 0,037 \text{ мм.}$$

Для чистового точения получим.

$$\Delta_{\Sigma} = 0,04 \cdot 0,037 = 0,0015 \text{ мм.}$$

Величина погрешности установки заготовки в патроне и вращающемся центре составляет 0,050 мм, в поводковом патроне и неподвижных центрах 0,005 мм.

«Производим расчеты минимального припуска на обработку для каждого перехода.

$$2z_{1min} = 2 \cdot (0,160 + 0,200 + \sqrt{0,610^2 + 0,050^2}) = 1,967 \text{ мм.}$$

$$2z_{2min} = 2 \cdot (0,125 + 0,120 + \sqrt{0,037^2 + 0,050^2}) = 0,760 \text{ мм.}$$

$$2z_{3min} = 2 \cdot (0,040 + 0,040 + \sqrt{0,0015^2 + 0,005^2}) = 0,170 \text{ мм.}$$

$$2z_{4min} = 2 \cdot (0,020 + 0,020 + \sqrt{0^2 + 0,005^2}) = 0,090 \text{ мм} \gg [19].$$

«Производим расчет максимальных диаметров на технологических переходах путем прибавления определенного припуска.

$$d_{5max} = 29,998 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 29,998 + 0,090 = 30,088 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = 30,088 + 0,170 = 30,258 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = 30,258 + 0,760 = 31,018 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = 31,018 + 1,976 = 32,994 \text{ мм} \gg [19].$$

«Минимальные диаметры на технологических переходах определяются по формуле:

$$d_{imin} = d_{imax} - Td_i, \tag{9}$$

где  $Td$  – поле допуска на технологическом переходе, мм» [19].

$$\ll d_{5min} = 29,998 - 0,018 = 29,980 \text{ мм.}$$

$$d_{4min} = 30,088 - 0,050 = 30,038 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = 30,258 - 0,100 = 30,158 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = 31,018 - 0,400 = 30,618 \text{ мм.}$$

$$d_{1min} = 32,994 - 1,300 = 31,694 \text{ мм} \gg [19].$$

«Величина максимального припуска определяется по формуле:

$$2z_{imax} = d_{imax} - d_{(i-1)min}, \quad (10)$$

где  $d_{(i-1)min}$  – минимальный диаметр предыдущего перехода, мм» [19].

$$\ll 2z_{1max} = 32,994 - 30,618 = 2,376 \text{ мм.}$$

$$2z_{2max} = 31,018 - 30,158 = 0,860 \text{ мм.}$$

$$2z_{3max} = 30,258 - 30,038 = 0,220 \text{ мм.}$$

$$2z_{4max} = 30,088 - 29,980 = 0,108 \text{ мм} \gg [19].$$

Аналогичным образом определяются припуски на обработку всех остальных ответственных поверхностей. Для не ответственных поверхностей припуски определяются статистическим методом [22], точность которого приемлема в условиях среднесерийного типа производства. Полученные величины суммарных припусков представлены на чертеже заготовки графической части работы.

Параметры заготовки определяются по данным [5]: «допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампов 0,6 мм; допускаемая величина остаточного облоя 0,8 мм; допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя не более 3 мм; радиус закругления наружных углов поковок при глубине полости ручья 80 мм равен 2мм; штамповочные уклоны для наружных поверхностей не более  $1^\circ$ , для внутренних поверхностей не более  $2^\circ$ ; допускаемое отклонение штамповочных уклонов  $0,5^\circ$  от их номинальной величины» [5].

Полученные значения параметров заготовки, а также допуски на выполнение размеров заготовки, определенные по данным [5] представлены на чертеже заготовки в графической части данной работы.

## **2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали**

Исходя из характеристик среднесерийного типа производства, маршрут изготовления детали разрабатывается на основе типовых маршрутов [9, 16, 24]. Маршрут изготовления детали формируется на основе маршрутов

обработки поверхностей. При формировании маршрута изготовления детали следует учитывать, что в одну операцию объединяются поверхности имеющие одинаковые методы обработки. «Следует учитывать отношения между поверхностями, то есть их наложение и точность взаимного расположения данных поверхностей. Наложение поверхностей заключается в том, что одна поверхность расположена на другой и не может быть обработана раньше. Точность взаимного расположения поверхностей заключается в том, что сначала обрабатывается базовая поверхность, а только потом поверхности, точность взаимного расположения которых заданы относительно нее» [17].

Сформированный согласно данным рекомендациям маршрут изготовления детали приведен ниже.

На 010 операции подготавливаются чистовые технологические базы. Для этого обрабатываются торцы 1, 7, цилиндрическая поверхность 12, а также выполняются центровые отверстия 23 и 34.

На операции 020 чернового точения обработаются поверхности: 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 22.

На операции 030 чистового точения обработаются поверхности: 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 22.

На сверлильных операциях 040 и 050 обрабатываются отверстия поверхности 18, 19 и 21.

На резьбонарезной операции 060 нарезается резьба на поверхности 11.

На фрезерной операции 070 обрабатываются поверхности 10, 29.

На операциях 080 и 090 торцекруглошлифовальных обрабатываются цилиндрическая и торцовая поверхности 3 и 13.

На операции слесарной 100 выполняется зачистка видимых заусенцев для исключения травм слесаря при выполнении операций по сборке задней подвески.

На операции моечной 110 выполняется мойка детали от смазочно-охлаждающей жидкости и оставшейся на детали стружки.

Затем для каждой операции разрабатываем схему базирования на основе рекомендаций [15, 27]. Базирование заготовки на операциях механической обработки может быть осуществлено с соблюдением принципов единства и постоянства баз как путем применения естественных, так и созданием искусственных технологических баз на основе типовых схем базирования. Спроектированные теоретические схемы базирования приведены на плане обработки. Операция 010: скрытая технологическая база ось поверхностей 13 и 15, реализуемая при установке заготовки поверхностями 13 и 15 в самоцентрирующие тиски с призмами; явная база торец 5, реализуемая при его контакте с установочными элементами приспособления. Операции токарные 020 и 030, резьбонарезная 060 и торцекруглошлифовальные 080 и 090: скрытая технологическая база ось центровых отверстий 23 и 34, реализуемая при установке заготовки в центрах и специальном поводковом патроне; явная база центровое отверстие 23.

На операциях 040 и 050: установочная база торец 6, двойная опорная ось цилиндрической поверхности 22, опорная база точка на поверхности 25.

На операции 070: установочная база поверхность торца 6, двойная направляющая ось цилиндрической поверхности 22, и ось центрального отверстия 23, опорная база точка на поверхности 21.

Операционные размеры и технические требования на выполнение операций назначаются по методике и данным [16]. На основании полученных данных формируется план изготовления детали, который включает: «название операций, используемое оборудование, операционные эскизы, с указанием на них операционных размеров и схемы базирования, технические требования на выполнение операций» [16]. Результаты проектирования плана изготовления приведены на листе графической части работы. Технология изготовления разрабатывается в маршрутном и маршрутно-операционном виде, то есть в виде маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов. Полученная технологическая документация приведена в приложении А данной пояснительной записки.

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

Эффективность решения задачи по выбору средств оснащения технологического процесса основана на анализе характеристик типа производства, размеров поверхностей детали и их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхностей, реализации принятых схем базирования.

Исходя из характеристик среднесерийного типа производства следует применять универсальное оборудование, оснащенное CNC–системами, универсальные, стандартные и стандартизированные станочные приспособления, режущих инструментов и средств контроля. Применение специальных средств оснащения допустимо если это позволяет устранить серьезные технические недостатки технологического процесса и повышает его экономическую эффективность.

Размеры поверхностей детали и их взаимное расположение позволяют получать их при помощи стандартных средств технологического оснащения, что существенно снизит стоимость механической обработки.

Точность и шероховатость поверхностей могут быть получены без применения специального оборудования и средств технологического оснащения, что позволяет применять при проектировании стандартные и ранее применяемые технологические решения.

Реализация принятых схем базирования может быть осуществлена с применением стандартных станочных приспособлений.

Более подробно методика выбора оборудования и средств технологического оснащения приведены в литературе [11].

Модели оборудования, тип и параметры станочных приспособлений, наименование и типоразмеры режущего инструмента и контрольных инструментов и приспособлений, выбранные по справочным данным и каталогам [2, 6, 10, 18], приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Станки	Режущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
010 Центровально-подрезная	центровально-подрезной 73С1	центровочное сверло R4 Р6М5 ГОСТ 14034–74, пластина твердосплавная Т5К10	штангенциркули ШЦ–I–I-400–0,1, ШЦ–I–150–0,1 ГОСТ 166–80, микрометр МК–50 ГОСТ 6507–78	самоцентрирующие призмы с откидным упором
020 Токарная	токарный 16К20Ф3	резцы ГОСТ 20872–80	штангенциркуль ГОСТ 166-80, скоба, калибр, микрометр ГОСТ 6507-78	специальный поводковый патрон, центр вращающийся ГОСТ 8742-75
030 Токарная	токарный 16К20Ф3	резцы ГОСТ 20872–80, резцы специальные	штангенциркуль ГОСТ 166–80, скоба, калибр, микрометр ГОСТ 6507–78	специальный поводковый патрон, центр вращающийся ГОСТ 8742–75
040 Сверлильная	сверлильный 2С135Ф3	сверло спиральное ГОСТ 10903-77, метчик М6 ГОСТ 13854–72, зенковка коническая ГОСТ 12489–71	пробки для контроля резьбы М6, калибр для контроля расположения отверстий, шаблон для контроля фасок.	приспособление специальное
050 Сверлильная	сверлильный 2С135Ф3	сверло ГОСТ 10903–77, зенкер ГОСТ 12489–71, зенковка ГОСТ 12489–71	пробки, калибры, шаблоны	приспособление специальное
060 Резьбонарезная	токарный 16К20Ф3	резец резьбонарезной ГОСТ 20872-80	калибр для контроля резьбы М20х1,5	специальный поводковый патрон, центр вращающийся ГОСТ 8742–75
070 Фрезерная	горизонтально-фрезерный 6Д92	фреза 70 мм ГОСТ 12615–71	штангенциркули ГОСТ 166-80, микрометр ГОСТ 6507–78, скоба, калибры	приспособление специальное
080 Торцевкруглошлифовальная	торцевкруглошлифовальный станок 3Т160	шлифовальный круг 5–750х50х305 24А60L8V5 ГОСТ Р 52781	микрометр ГОСТ 6507–78, скобы шаблон для контроля радиуса	специальный поводковый патрон, центра ГОСТ 8742–75

## Продолжение таблицы 2

Операция	Станки	Режущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
090 Торцекруглошлифовальная	торцекруглошлифовальный станок 3Т160	шлифовальный круг 5–750х50х305 24А90L5V5 ГОСТ Р 52781–2007	калибры скобы, шаблон	поводковый патрон, центра ГОСТ 8742–75
100 Зачистная	слесарный стол	напильник		
110 Моечная	моечная машина			

Приведенные в таблице 2 сведения по выбранным средствам технологического оснащения заносим в технологическую документацию, приведенную в приложении А, в план изготовления и технологические наладки, приведенные в графической части работы, кроме того эти данные используются дальнейшем для проектирования технологических операций.

### 2.4 Проектирование технологических операций

Технологические операции проектируются на основе разработанного ранее плана изготовления исходя из условия обеспечения принципа экстенсивной концентрации переходов. При проектировании технологических операций следует учитывать, что в условиях среднесерийного производства точность обработки достигается методом работы на настроенном оборудовании, на финишных операциях возможно применение систем активного контроля. Важным вопросом при проектировании операций является определение режимов резания и выполнение нормирования.

Режимы резания в условиях среднесерийного типа производства назначаются с применением расчетно-аналитических методов и нормативов [13]. Данные методики позволяют получить необходимую точность расчетов.



Нормирование выполняется расчетным методом на основе статистических норм [15].

Определим режимы резания на операции технологического процесса.

«Скорость резания для операций лезвийной обработки определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (11)$$

где  $C_V$  – постоянная определяемая видом обработки;

$K_V$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

$T$  – период стойкости инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм.;

$S$  – подача, мм/об;

$m, x, y$  – показатели степеней, учитывающие условия резания» [13].

«Скорость вращения заготовки на операциях шлифовальной обработки определяется по формуле:

$$V_3 = \frac{C_V \cdot d^{0,5}}{T^{0,6} \cdot t^{0,9} \cdot \beta^{0,9}}, \quad (12)$$

где  $C_V$  – постоянная определяемая видом обработки;

$d$  – диаметр заготовки, мм;

$T$  – период стойкости инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм.;

$\beta$  – коэффициент подачи» [13].

«Скорость вращения шлифовального круга на операциях шлифовальной обработки определяется по формуле:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (13)$$

где  $D_K$  – диаметр шлифовального круга, мм;

$n_k$  – частота вращения шпинделя по паспорту станка, об/мин» [13].

«Частота вращения шпинделя инструмента или заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (14)$$

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [13].

«Исходя из технических характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (15)» [13]$$

Далее выполняем нормирование операций технологического процесса.

«Штучно-калькуляционное время на выполнение операций определяется по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_3}, \quad (16)$$

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

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

$n_3$  – размер партии деталей, шт.» [13]

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{п} \quad (17)$$

где  $T_o$  – основное время выполнения операции, мин;

$T_v$  – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{обс}$  – время на обслуживание, мин;

$T_{\Pi}$  – время на личные потребности, мин» [13].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где  $L_{p.x.}$  – длина рабочего хода, мм;

$S$  – подача, мм/об» [13].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{p.x.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (19)$$

где  $l_1$  – длина врезания, мм;

$l_{рез}$  – длина резания, мм;

$l_2$  – длина перебега, мм» [13].

Результаты расчетов режимов резания на операции технологического процесса и их нормирование приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
010	1	0,5	25,2	400	0,6	0,7
020	1	0,5	124	1200	3,5	4,5
	2	0,5	124	1200		
	3	0,5	124	1200		
	4	0,5	124	1200		
	5	0,5	124	1200		
	6	0,5	124	1200		
030	1	0,42	122	1200	3,64	4,68
	2	0,42	122	1200		
	3	0,42	122	1200		
	4	0,42	122	1200		
	5	0,42	122	1200		

Продолжение таблицы 3

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
	6	0,42	122	1200		
040	1	0,2	17,9	455	1,3	1,75
	2	0,5	12,25	275		
	3	1	2,4	50		
050	1	0,2	17,9	455	1,52	1,975
	2	0,5	12,25	260		
	3	0,5	11,75	275		
060	1	1,5	2,6	200	1,2	1,6
070	1	2	4,6	175	0,3	0,9
080	1	0,7	11	127	0,7	1,2
090	1	0,7	23	215	0,5	1,0

Приведенные в таблице 3 режимы резания на технологические операции и нормы на их выполнение заносим в технологическую документацию, приведенную в приложении А, в план изготовления и технологические наладки, приведенные в графической части работы.

Во втором разделе работы выбран метод получения заготовки и проведено ее проектирование. Для этого проведено экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определены маршруты обработки поверхностей, определены припуски на обработку и характеристики заготовки. Проведено проектирование технологии изготовления и технологических операций. Для этого спроектирован маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбрано технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определены режимы выполнения операций и проведено их технологическое нормирование.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование самоцентрирующих тисков

Анализ схем базирования на операциях технологического процесса и реализующих его станочных приспособлений показал, что используемые на центrovально-подрезной операции самоцентрирующие призмы с откидным упором не отвечают принятой на данной операции схеме базирования приведенной на рисунке 3. Кроме того применяемое приспособление не является механизированным, что приводит к увеличению вспомогательного времени на данной операции и не стабильности сил закрепления.

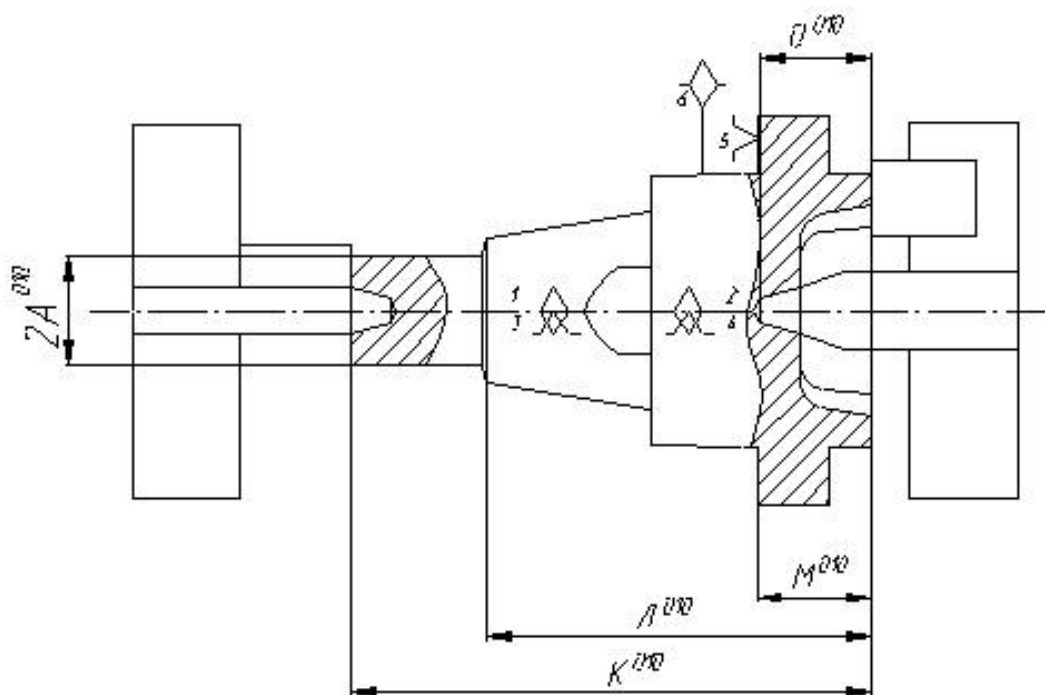


Рисунок 3 – Схема базирования центrovально-подрезной операции

С целью устранения данной проблемы спроектируем приспособление с механизированным приводом зажимных элементов, реализующее схему базирования на данной операции. Проектирование будем производить согласно методике [1].

«Согласно принятой методике осевая сила резания рассчитывается по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (20)$$

где  $C_p$ ,  $q$ ,  $y$ ,  $K_p$  – поправочные коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают фактические условия операции;

$D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

$S$  – продольная подача, мм/об» [18].

При сверлении осевая сила равна:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,24 = 588 \text{ Н.}$$

При подрезании торца осевая сила равна:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 25^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,24 = 2940 \text{ Н.}$$

«Крутящий момент от силы резания при сверлении рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (21)$$

где  $C_m$  – поправочный коэффициент, который учитывает фактические условия операции» [18].

Крутящий момент от силы резания при сверлении равен:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,24 = 1,13 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Крутящий момент от силы резания при подрезании торца равен:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 25^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,24 = 28 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Суммарный крутящий момент равен 29,13 Н·м.

Для определения требуемой силы закрепления необходимо выполнить силовой расчет исходя из условия равенства моментов, возникающих в процессе резания и момента силы закрепления.

Осевая сила резания стремится сдвинуть заготовку, этому препятствует

сила трения, определяемая по формуле:

$$\langle F_{\text{тр}} = 8 \cdot W \cdot f, \quad (22)$$

где  $W$  – сила зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхностей заготовки и призмы» [1].

Из условия равновесия следует:

$$\langle W = \frac{P_0}{8 \cdot f} \cdot K, \quad (23)$$

где  $K$  – коэффициент запаса» [1].

Выполняем расчет.

$$W = \frac{2692}{8 \cdot 0,16} \cdot 2,5 = 4257 \text{ Н.}$$

Крутящий момент от силы резания стремится повернуть заготовку в губках приспособления, этому препятствует момент закрепления равный:

$$\langle M_3 = 2 \cdot W \cdot f \cdot (d_3 + d_0), \quad (24)$$

где  $d_3$  – диаметр закрепления, мм;

$d_0$  – диаметр обработки» [1].

Из условия равновесия следует:

$$\langle W = \frac{M_p}{2 \cdot f \cdot (d_3 + d_0)} \cdot K, \quad (25)$$

где  $K$  – коэффициент запаса» [1].

Выполняем расчет.

$$W = \frac{29130}{2 \cdot 0,16 \cdot (30 + 25)} \cdot 2,48 = 4104 \text{ Н.}$$

Расчет усилия на приводе зависит от типа зажимного механизма,

применяемого в приспособлении. Проведя анализ литературы [1], приходим к выводу, что в данном случае целесообразно применять рычажный зажимной механизм. Для данного типа зажимных механизмов усилие рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{W}{i_c}, \quad (26)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение зажимного механизма» [1].

Для проведения расчетов принимаем большее из значений силы зажима определенных ранее.

$$Q = \frac{4257}{2} = 2128 \text{ Н.}$$

«С целью обеспечения автоматизации процесса закрепления и создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение пневмоцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (27)$$

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в пневмосистеме, МПа» [1].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{2128}{0,4}} = 82 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра округляем до ближайшего большего стандартного 85 мм, что позволит применить в конструкции приспособления стандартный пневмоцилиндр.

«Точность установки заготовки в приспособлении определяется по формуле:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (28)$$



где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления рабочих поверхностей призм, мм;  
 $\Delta_2$  – погрешность изготовления рычага, мм;  
 $\Delta_3$  – погрешность присоединительного размера рычага и ползушки, мм;  
 $\Delta_4$  – погрешность присоединительного размера рычага и тяги, мм;  
 $\Delta_5$  – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и ползушки, мм;  
 $\Delta_6$  – погрешность колебания зазоров в сопряжении рычага и тяги, мм» [1].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{0,047^2 + 0,110^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,013^2 + 0,016^2} = 0,061 \text{ мм.}$$

«Расчетная точность установки заготовки в приспособлении не должна превышать допустимой точности установки, определяемой по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (29)$$

где  $Td$  – допуск на выполняемый размер, мм» [1].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ мм.}$$

Расчеты показали, что спроектированное приспособление отвечает требуемой точности установки в нем заготовки.

Для закрепления заготовка устанавливается в разжатые губки до упора в осевом направлении. Затем сжатый воздух подается в верхнюю часть пневмоцилиндра тем самым перемещая поршень и связанный с ним шток вниз и приводя в движение рычаги. Вращаясь вокруг неподвижной оси, закрепленной в корпусе, рычаги перемещают ползушки по направляющим корпуса. Находящиеся на ползушках призмы сходятся тем самым обеспечивая закрепление заготовки. Для раскрепления заготовки необходимо подать воздух в нижнюю полость пневмоцилиндра. В результате поршень

начнет движение вверх возвращая систему в исходное положение.

Конструкция приспособления подробно приведена на листе графической части работы и в приложении Б.

### 3.2 Проектирование сверла

Анализ технологических операций показал, что при сверлении отверстия диаметром 9,5 мм с допуском 0,58 мм недостатком данной операции является низкая стойкость режущего инструмента, что существенно увеличивает расходы на режущий инструмент и его заточку. Один из путей решения данной проблемы заключается в снижении режимов резания, но это приводит к увеличению времени выполнения операции. Второй путь заключается в решении проблемы путем изменения конструкции сверла. С целью реализации данного подхода спроектируем сверло с использованием методики [20, 23].

Конструкцию сверла менять кардинально не будем, так как это приведет к дополнительным экономическим затратам, и примем цельное спиральное сверло. Материал сверла также оставим без изменений Р6М5К5 ГОСТ 19265–73.

«Диаметр сверла определяется по формуле:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (30)$$

где  $D_{min}$  – минимальный диаметр отверстия, мм;

$TD$  – допуск на выполняемый размер, мм» [20].

$$D = 9,50 + \frac{0,58}{2} = 9,79 \text{ мм.}$$

Хвостовик сверла, исходя из его диаметра, принимаем с конусом Морзе. «Для определения номера конуса выполняем расчет диаметра по формуле:

$$d = \frac{6 \cdot \mu_{\text{ср}} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_0 \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta\theta)}, \quad (31)$$

где  $\mu_{\text{ср}}$  – момент сопротивления силам резания, Н·м;

$\theta$  – угол конуса, град;

$\mu$  – коэффициент трения на поверхности контакта;

$P_0$  – осевая сила, Н;

$\Delta\theta$  – допуск угла конуса, град» [20].

$$d = \frac{6 \cdot 3,47 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,1 \cdot 21,3 \cdot (1 - 0,04 \cdot 5)} = 10,8 \text{ мм.}$$

По значению диаметра определяем конус Морзе №3.

С целью увеличения стойкости режущего инструмента глубину винтовых канавок выполним уменьшающейся от режущей части к хвостовику [20].

Также выполним подточку поперечной кромки до 1 мм, то есть ее длина будет в три раза меньше первоначальной, что позволит снизить силы резания в два раза. Это позволит уменьшить вероятность возникновения продольного изгиба и увода сверла.

Угол наклона поперечной кромки выполним равным 55 градусов. Угол при вершине сверла составляет 130 градусов и имеет дополнительную подточку в 90 градусов. Это позволит получить угол в месте стыка главных режущих кромок и ленточки равным 135 градусов.

Такая геометрия улучшает условия резания, уменьшает выделение тепла, уменьшает вероятность появления вибраций и шероховатость обработанных поверхностей. За счет дополнительной подточки, при сверлении происходит дробление стружки. В результате увеличится стойкость, уменьшится крутящий момент и усилие подачи [20].

Сердцевину сверла предлагается выполнить равномерно утолщенной по направлению к хвостовику на 1,8 мм на 100 мм длины. Это обеспечивает дополнительную жесткость, что важно для осевого инструмента.

Результатом предлагаемых изменений в конструкции сверла станет

повышение его стойкости и производительности от 1,5 до 2 раз по сравнению со стандартным инструментом.

В третьем разделе работы предложены технические мероприятия по совершенствованию технологического процесса. Для этого выполнено проектирование самоцентрирующих тисков и сверла. Проектирование самоцентрирующих тисков позволило решить проблему реализации принятой на данной операции схемы базирования и обеспечить механизацию процесса закрепления. Это позволило снизить вспомогательное время на данной операции и обеспечить стабильности сил закрепления. Проектирование модернизированного сверла позволило увеличить его стойкость от 1,5 до 2 раз и снизить расходы на режущий инструмент и его заточку за счет применения переменной глубины винтовых канавок и модификации геометрии.

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

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

В работе рассмотрен технологический процесс изготовления оси ступицы. В процессе изготовления детали выполняются следующие операции: центровально-подрезная токарные, сверлильные, фрезерная, шлифовальные.

В технологическом процессе используются следующие станки: центровально-подрезной 73С1, токарный 16К20Ф3, сверлильный 2С135Ф3, горизонтально-фрезерный 6Д92, торцевкруглошлифовальный станок 3Т160.

В технологическом процессе используются следующие средства технологического оснащения: самоцентрирующие призмы с откидным упором, специальный поводковый патрон, центр вращающийся ГОСТ 8742-75.

В технологическом процессе используются следующие инструменты: центровочное сверло R4 P6M5 ГОСТ 14034-74, пластина твердосплавная Т5К10, резцы ГОСТ 20872-80, сверло спиральное ГОСТ 10903-77, метчик М6 ГОСТ 13854-72, зенковка коническая ГОСТ 12489-71, резец резьбонарезной ГОСТ 20872-80, фреза 70 мм ГОСТ 12615-71, шлифовальный круг 5-750x50x305 24А60L8V5 ГОСТ Р 52781-2007, шлифовальный круг 5-750x50x305 24А90L5V5 ГОСТ Р 52781-2007.

Исполнителями технологического процесса являются операторы станков с числовым программным управлением, станочники широкого профиля, шлифовщики.

## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Рассмотрим возможные профессиональные риски для основных исполнителей технологического процесса, то есть операторов станков с числовым программным управлением, станочников широкого профиля, шлифовщиков. При проведении идентификации учтем положения 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 4.

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
операторы станков с числовым программным управлением, станочник и широкого профиля, шлифовщики	факторы, обладающие свойствами и физического воздействия	станки, средства технологического оснащения, инструменты	«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)» [4]

Продолжение таблицы 4

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
				«нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [4]
		обработки ваемые заготовки , средства технологического оснащения, инструменты	«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]
		станки	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые 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 тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [4]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [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)» [4]

Продолжение таблицы 4

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
				«нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [4]
	факторы, обладающие свойствами и химического воздействия	смазочно-охлаждающая жидкость, масло	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [4]	«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [4]
	факторы, обладающие свойствами и психофизиологического воздействия	станки, средства технологического оснащения, инструменты	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [4]	«физические перегрузки» [4]
			«перегрузки статические, связанные с рабочей позой» [4]	«физические перегрузки» [4]

Представленные в таблице 4 риски являются наиболее вероятными для основных исполнителей рассматриваемого технологического процесса.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

С целью обеспечения выявленных профессиональных рисков разработаем методы и средства их снижения. При разработке данных мероприятий учтем положения Приказа 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 5.



Таблица 5 - 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 5

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 5

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	«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]

Соблюдение описанных выше мероприятий позволит обеспечить снижение влияния профессиональных рисков на основных исполнителей рассматриваемого технологического процесса.

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

С целью обеспечения эффективной системы обеспечения пожарной безопасности при выполнении рассматриваемого технологического процесса проведем классификацию потенциального пожара.

По виду используемого горючего материала класс D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов. 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).

Определим технические средства обеспечения пожарной безопасности. Первичные средства пожаротушения огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100. Мобильные средства пожаротушения мотопомпа пожарная. Средства пожарной автоматики пожарный извещатель ИП-212-141. Пожарное оборудование пожарный щит класса ЩП-А. Пожарные сигнализация, связь и оповещение оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец-мониторинг». Индивидуальные средства защиты для операторов станков с числовым программным управлением, станочников широкого профиля, шлифовщиков не предусмотрено действующими нормативными документами.

В целях предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, осуществляются следующие мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации, проводится инструктаж по пожарной безопасности. Каждый работник, зафиксировавший негативную ситуацию, которая может привести к возникновению пожаров, обязан уведомить об этом своего непосредственного руководителя работ.

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

К негативным экологическим факторам, возникающим при выполнении рассматриваемого технологического процесса относятся нижеследующие.

Загрязнение гидросферы остатками масла, смазочно-охлаждающих жидкостей, смазочных материалов, частиц абразива и мелкой стружки. Загрязнение литосферы металлическим ломом, стружкой, промышленным мусором, отработанными маслами и смазочно-охлаждающими жидкостями. Загрязнение атмосферы в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли. Количество данных выбросов мало, следовательно, ими можно пренебречь.

Мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, а также основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации промышленных отходов прописаны 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].

Выполнение раздела позволило идентифицировать профессиональные риски, действующие на работников, разработать организационно-технические мероприятия по снижению выявленных рисков, провести анализ пожарной и экологической безопасности выполнения технологического процесса.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, является завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 4).

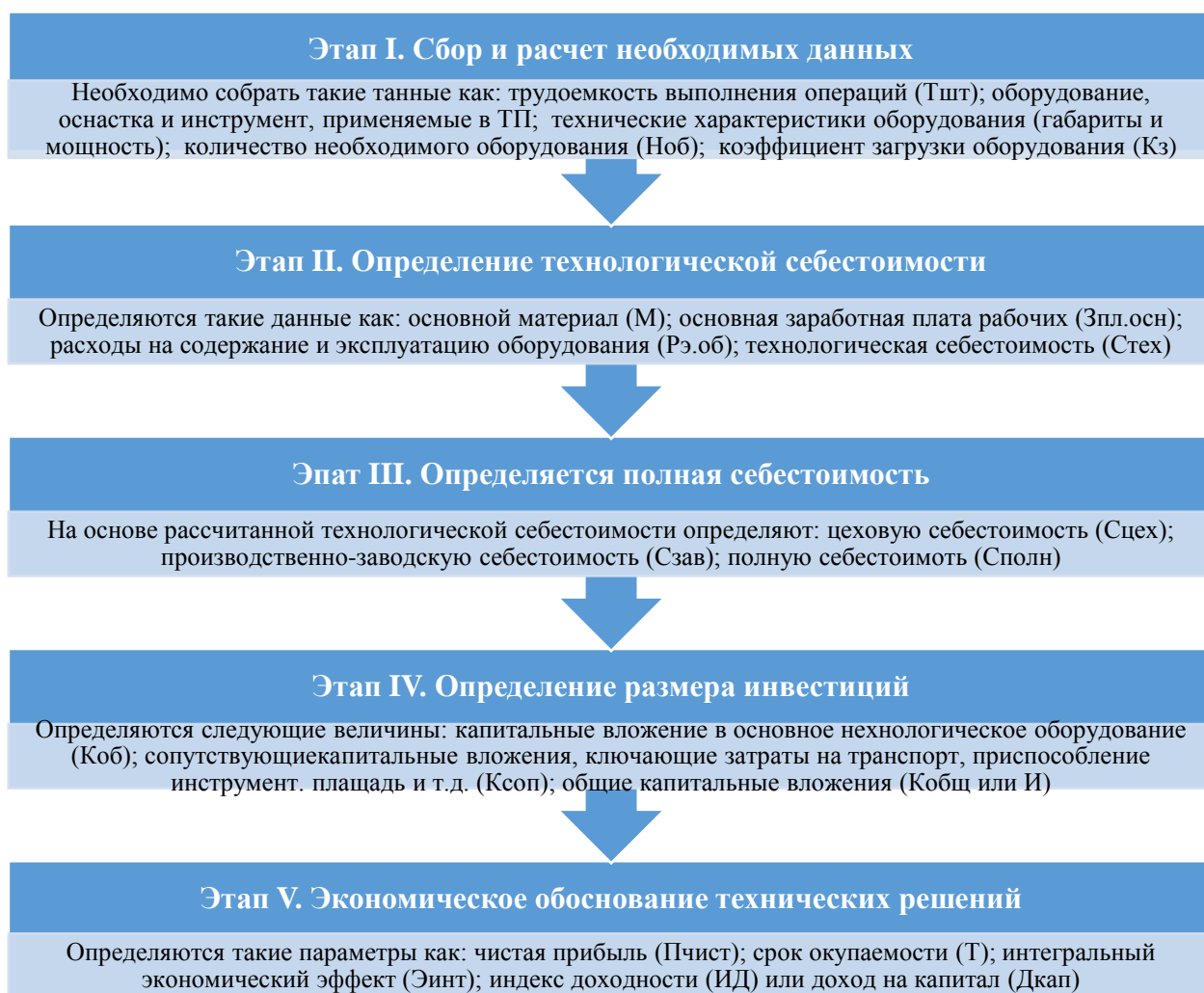


Рисунок 4 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 4, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [8].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 5.

Базовый вариант технологического процесса 010 и 050 операций	Проектный вариант технологического процесса 010 и 050 операций
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Операция 010:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – центрально-подрезной станок, модель 73С1;</li> <li>• <u>Оснастка</u> – призма с прихватом</li> <li>• <u>Инструмент</u> – центровочное сверло, Р6М5 (2 шт); пластина твердосплавная Т5К10 (2 шт)</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,1 мин, То = 0,6 мин</li> </ul> </li> <li>• <b>Операция 050 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – вертикально-сверлильный станок с ЧПУ, модель 2С135Ф3</li> <li>• <u>Оснастка</u> – специальный мембранный патрон</li> <li>• <u>Инструмент</u> – зенковка коническая Ø15, Р6М5; зенкер Ø10,4 Р6М5; сверло спиральное Ø9,5 Р6М5.</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 2,35 мин, То = 1,9 мин</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Операция 010:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – центрально-подрезной станок, модель 73С1;</li> <li>• <u>Оснастка</u> – самоцентрирующие тиски</li> <li>• <u>Инструмент</u> – центровочное сверло, Р6М5 (2 шт); пластина твердосплавная Т5К10 (2 шт);</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 0,7 мин, То = 0,6 мин</li> </ul> </li> <li>• <b>Операция 050:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Оборудование</u> – вертикально-сверлильный станок с ЧПУ, модель 2С135Ф3</li> <li>• <u>Оснастка</u> – специальный мембранный патрон</li> <li>• <u>Инструмент</u> – зенковка коническая Ø15, Р6М5; сверло спиральное Ø9,5 Р6М5.</li> <li>• <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,97 мин, То = 1,52 мин</li> </ul> </li> </ul>

Рисунок 5 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 5, изменениям подвергается модель оборудования и применяемый инструмент. Так как в процессе предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 6.

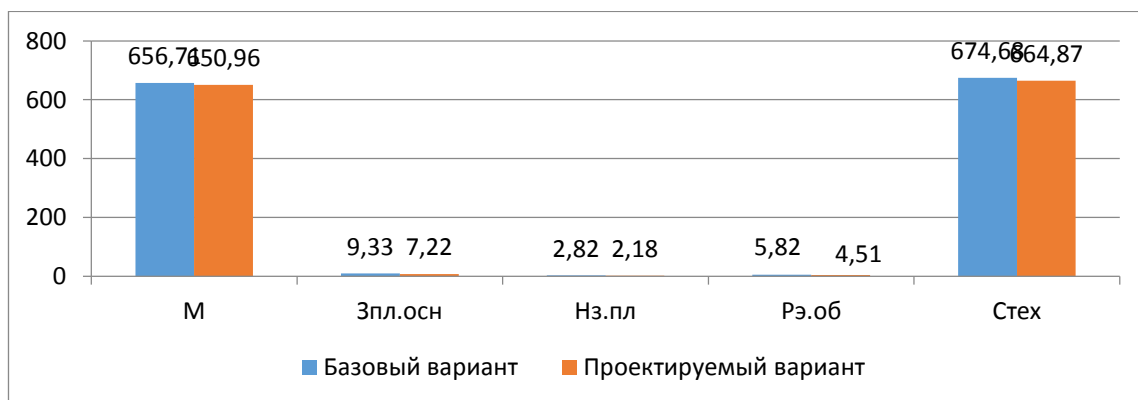


Рисунок 6 – Формирование технологической себестоимости 010 и 050 операций по вариантам, руб.

Анализируя рисунок 6 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения



технологической себестоимости на 1,45%.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 7. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

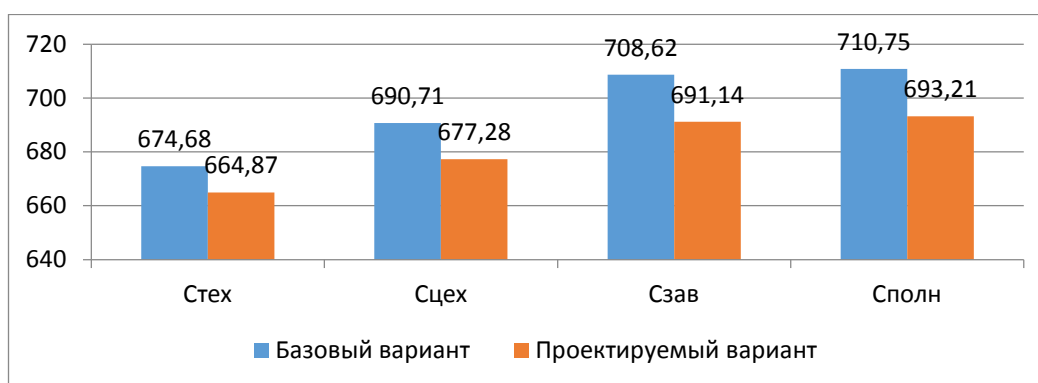


Рисунок 7 – Формирование полной себестоимости 010 и 050 операций по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 7, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость 010 и 050 операций проектируемого процесса уменьшилась на 17,54 рубля, что составляет 2,47%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 8.

Как видно из рисунка 8, инвестиции потребуются на: проектирование ( $Z_{ПР}$ ), приспособление ( $K_{ПР}$ ), инструмент ( $K_{И}$ ), корректировку управляющей

программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $HЗП$ ). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций ( $I$ ) составит 57947,4 рублей.

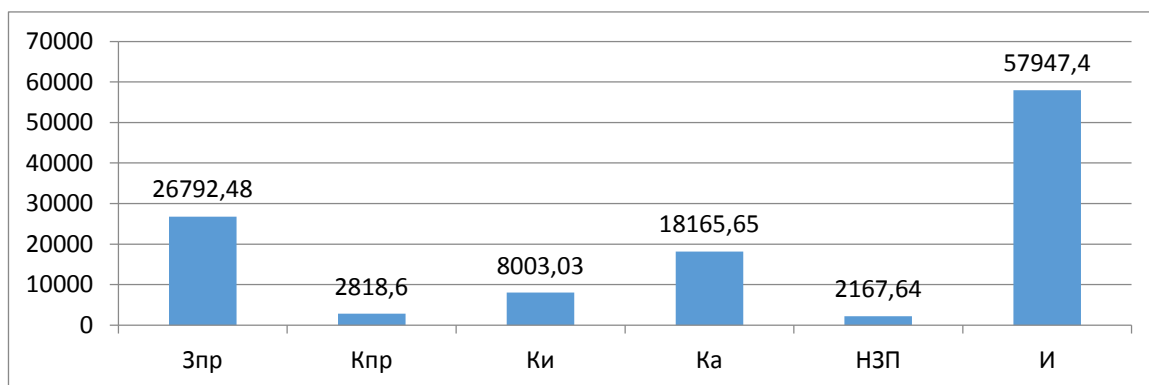


Рисунок 8 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных 010 и 050 операций, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений. Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 4 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта. Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 6815,68 рубля при сроке окупаемости инвестиций около 1-го года. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

В данном разделе решены задачи экономической оценки предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию.

## Заключение

Актуальность темы данной выпускной квалификационной работы обоснована необходимостью решить вопрос насыщения внутреннего рынка автомобилями отечественного производства, состоящими из комплектующих произведенных внутри страны в условиях экономических санкций.

Цель работы, которая заключается в разработке технологии изготовления оси ступицы, которая позволит изготавливать годовую программу изготовления деталей заданного качества и обеспечит минимальные затраты на изготовление, была достигнута благодаря решению задач, сформулированных на основе анализа исходных данных, и характеристик типа производства. Технологический блок задач включал в себя выбор метода получения заготовки и ее проектирование. Для этого проведено экономическое сравнение возможных методов получения заготовок, определены маршруты обработки поверхностей, определены припуски на обработку и характеристики заготовки. Также в данном блоке задач проведено проектирование технологии изготовления и технологических операций. Для этого спроектирован маршрут изготовления детали и план ее изготовления, выбрано технологическое оборудование и средства технологического оснащения, определены режимы выполнения операций и их технологическое нормирование. Технические задачи по совершенствованию технологического процесса включали в себя проектирование самоцентрирующих тисков и сверла, что позволило сократить время выполнения соответствующих операций. В ходе решения задач обеспечения безопасности на производстве проведен анализ безопасности выполнения спроектированного технологического процесса и предложены мероприятия по устранению выявленных недостатков. Также решены задачи экономической оценки предлагаемого технологического процесса и технических решений по его совершенствованию.

## Список используемых источников

1. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 25.04.2022).
2. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
3. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 05.04.2022).
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. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 20.04.2022).
7. 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: 18.04.2022).
8. 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: 06.05.2022).

9. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165090> (дата обращения: 08.04.2022).

10. Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок : учебное пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь : ПНИПУ, 2011. – 231 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160502> (дата обращения: 18.04.2022).

11. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. – Изд. 3–е, стер. ; Гриф УМО. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. – 512 с.

12. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

13. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 29.04.2022).

14. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 11.04.2022).

15. 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.

16. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 09.04.2022).

17. Седых Л.В. Технология машиностроения: практикум / Л.В. Седых. – Москва. : МИСиС, 2015. – 73 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/69757> (дата обращения: 15.04.2022).

18. 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.

19. 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.

20. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 25.04.2022).

21. Химический состав и физико-механические свойства стали 40ХГНМ [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallicheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/40XGHN](https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40XGHN) (дата обращения: 04.04.2022).

22. Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под редакцией А.С. Ямникова. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 328 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148337> (дата обращения: 21.04.2022).

23. Kuo, C. L., Soo, S. L., Aspinwall, D. K., Carr, C., Bradley, S., M'Saoubi, R., & Leahy, W. (2018). Development of single step drilling technology for multilayer metallic-composite stacks using uncoated and PVD coated carbide

tools. *Journal of Manufacturing Processes*, 31, 286-300.  
10.1016/j.jmapro.2017.11.026.

24. Mia M. An approach to cleaner production for machining hardened steel using different cooling-lubrication condition. / Mia M., Gupta M.K., Singh G., Królczyk G., Pimenov D.Y. // *J. Cleaner Prod.* 187 (2018), P 1069 – 1081.

25. Oezkaya, E., Michel, S., & Biermann, D. (2017). Experimental studies and FEM simulation of helical-shaped deep hole twist drills. *Production Engineering*, , 1-13. 10.1007.

26. Wang, P. Y., Chang, S. L., Lee, B. Y., Nguyen, D. H., & Cao, C. W. (2017). Characteristics study of the gears by the CAD/CAE. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 235(1)10.1088.

27. Weinert K. Dry machining and minimum quantity lubrication. / Weinert K., Inasaki I., Sutherland J.W., Wakabayashi T. // *CIRP Ann-Manuf. Techn.* 53:2 (2004), P 511–537.





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
Т 19	396100 Патрон специальный поводковый; 392101 Резец контурный ГОСТ20872-80 Т5К10;														
Т 20	393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 160-80.														
21															
А 22	XX XX XX 030 4110 Токарная														
Б 23	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 200 1 4,68														
О 24	Точить последовательно поверхности и торцы 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 22 в размер $\phi 56^{+0,1}$														
О 25	$\phi 55^{+0,1}$ ; $\phi 41^{+0,1}$ ; $\phi 30,158^{+0,1}$ ; $\phi 20^{+0,1}$ ; $15^{+0,2}$ ; $3^{+0,2}$ ; $17,5^{+0,2}$ ; $24,5^{+0,2}$ ; $58,5^{+0,2}$ ; $84,2^{+0,2}$ ; $78,7^{+0,2}$														
Т 26	396100 Патрон специальный поводковый; 392101 Резец контурный ГОСТ20872-80 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ20872-80 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
Т 27															
28															
А 29	XX XX XX 040 4121 Сверлильная														
Б 30	381213 Сверлильный с ЧПУ 2С135Ф3 3 15292 312 1Р 1 1 1 200 1 1,75														
О 31	Сверлить поверхность 18 в размер $\phi 5,1^{+0,2}$ ; $8,5^{+0,5}$ ; нарезать резьбу поверхность 19 в размер М6-6Н.														
Т 32	396131 Тиски самоцентрирующие; 391267 Сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5; 391391 Метчик Р18														
Т 33	ГОСТ13854-72; 391630 Зенковка коническая Р6М5 ГОСТ 12489-71; 393140 Калибр резьбовой.														
34															
А 35	XX XX XX 050 4121 Сверлильно-зенкеробальная														
Б 36	381213 Сверлильный с ЧПУ 2С135Ф3 3 15292 312 1Р 1 1 1 200 1 1,98														
О 37	Сверлить поверхность 22 в размер $\phi 10,4^{+0,25}$ .														
Т 38	396131 Тиски самоцентрирующие; 391267 Сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5; 391630 Зенковка коническая														
Т 39	Р6М5 ГОСТ 12489-71; 393110 Калибр.														
40															
41															
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	Тпрз
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
А 69	XX	XX	XX	060	4110 Резьбанарезная										
Б 70	381101	Токарный	16К20Ф3	3	18217	312	1Р	1	1	1	200	1		16	
О 71	Нарезать резьбу поверхность 11 размер М20х1,5-6д.														
Т 72	396100 Патрон специальный поводковый; 392190 Резец резьбовой ГОСТ 20872-80 Т5К10;														
Т 73	393140 Калибр резьбовой.														
74															
А 75	XX	XX	XX	070	4262 Фрезерная										
Б 76	381631	Фрезерный	6Д92	3	18632	312	1Р	1	1	1	200	1		0,9	
О 77	Фрезеровать поверхности 10, 29, 4 в размер 6 <sup>+0,2</sup> .														
Т 78	396131 Тиски самоцентрирующие; 391820 Фреза $\phi$ 70 ГОСТ 12615-71 Р6М5; 393311 Штангенциркуль														
Т 79	ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр.														
80															
А 81	XX	XX	XX	080	4130 Торцекрылошлифовальная										
Б 82	381311	Торцекрылошлифовальный	3Т160	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1		1,2	
О 83	Шлифовать поверхности 3, 13 в размер $\phi$ 30,038 <sup>+0,06</sup> ; 25 <sup>+0,3</sup> .														
Т 84	396110 Патрон поводковый; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.														
85															
А 86	XX	XX	XX	090	4130 Торцекрылошлифовальная										
Б 87	381311	Торцекрылошлифовальный	3Т160	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1		1,0	
О 88	Шлифовать поверхности 3, 13 в размер $\phi$ 29,98 <sup>+0,06</sup> ; 24,5 <sup>+0,3</sup> .														
Т 89	396110 Патрон поводковый; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная.														
90															
91															
МК															

## Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
А 94	XX	XX	XX	100	Маячная										
95															
А 96	XX	XX	XX	110	Контрольная										
97															
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
111															
112															
113															
114															
115															
116															
МК															



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Векшина			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Ось ступицы						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Токарная		Сталь 40ХГНМ ТУ 14-1-1059-76			НВ 280	166	19	108x113,5			4,26	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	слож				
16К20ФЗ					364			4,68	Углодел-1				
		пи	о или в	L	r	i	s	п	v				
от	1. Установить заготовку												
Т.оз	396100 Патрон специальный поводковый; 392101 Резец контурный ГОСТ 20872-80 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 20872-80 Т30К4; 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.												
Т.оз													
о.оз	2. Точить последовательно поверхности и торцы 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 22 выдерживая												
Р.оз	размеры согласно эскиза.												
Р.оз		1				0,86		0,42	1200	122			
Р.оз		2				0,86		0,42	1200	122			
Р.оз		3				0,86		0,42	1200	122			
Р.оз		4				0,86		0,42	1200	122			
Р.оз		5				1,3		0,42	1200	122			

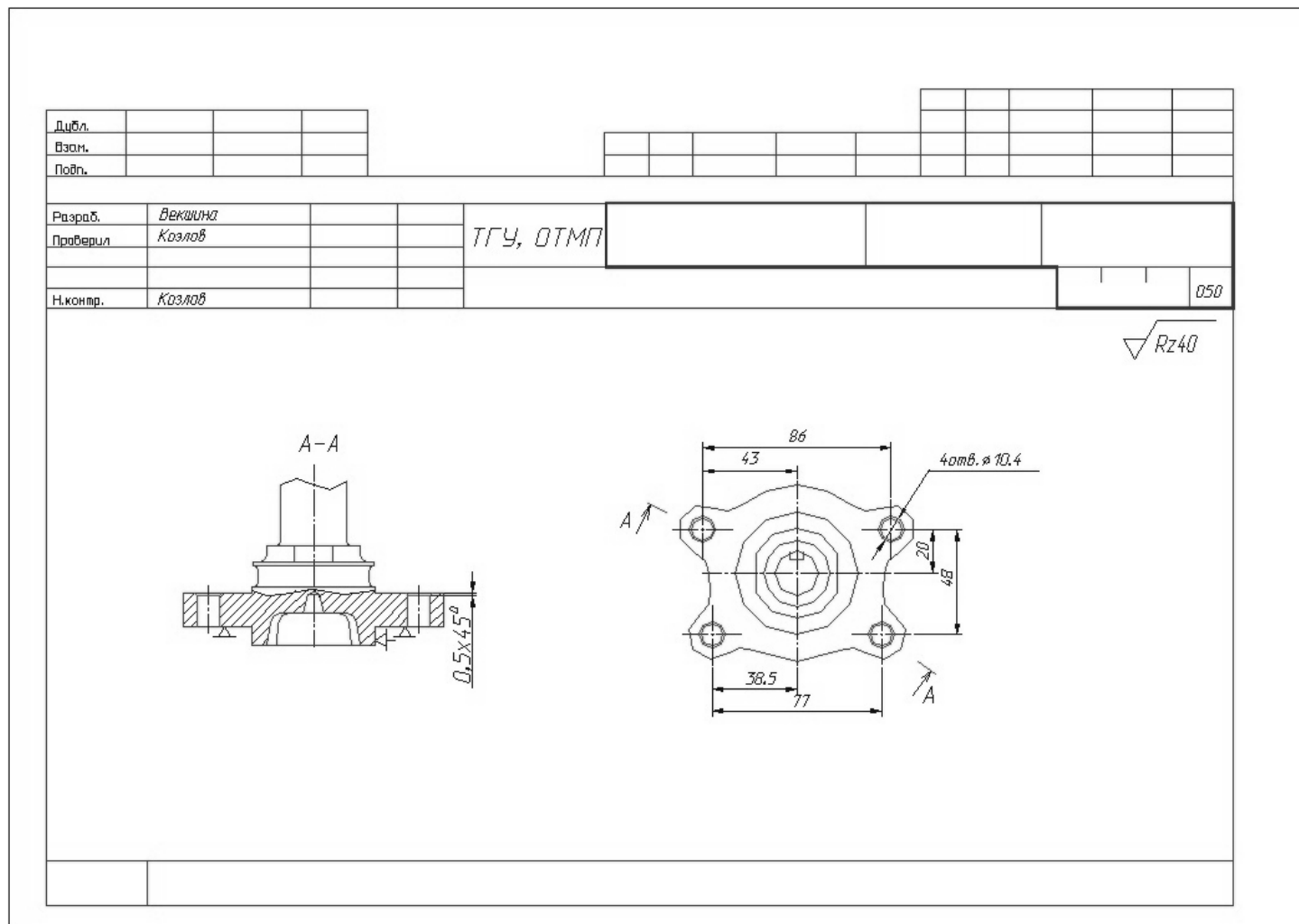
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Векшина			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Ось ступицы						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Токарная		Сталь 40ХГНМ ТУ 14-1-1059-76		НВ 280	166	19	108x113,5			4,26	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	слож					
16К20Ф3				364			4,68	Ужиднал-1					
		пи	о или в	L	r	i	s	п	v				
P <sub>11</sub>		6			1,3		0,42	1200	122				
T <sub>2</sub>	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

## Продолжение Приложения А

### Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Векшина			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Ось ступицы						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Сверлильная		Сталь 40ХГНМ ТУ 14-1-1059-76		НВ 280	166	19	108x113,5			4,26	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		тв	тв	тв	тип	слож					
2С135ФЗ				152			198	Ужало-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку												
Т.02	396131 Тиски самоцентрирующие; 391267 Сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5; 391391 Метчик Р18												
03	ГОСТ13854-72; 391630 Зенковка коническая Р6М5 ГОСТ 12489-71; 393140 Калибр резьбовой.												
04	2. Сверлить поверхность 18 нарезать резьбу поверхность 19 выдерживая размеры согласно эскиза.												
Р.05		1				3,0		0,2	260	12,3			
Р.06		2				6,25		0,2	455	18			
Р.07		3				1,25		0,5	455	8,6			
08	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
09													
10													





