

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 полумуфты зубофрезерного  
станка

Обучающийся	<u>А.С. Смирнов</u> (Инициалы Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент Н.Ю. Логинов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____
Консультанты	<u>канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____
	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	_____

## Аннотация

Тема: Технологический процесс изготовления полумуфты зубофрезерного станка.

Автор: Смирнов Андрей Сергеевич.

В выпускной работе спроектирован технологический процесс изготовления полумуфты зубофрезерного станка.

На первом этапе работы была проанализирована конструкция муфты, проведен анализ материала, из которого выполнена полумуфта, и его свойств, а также выполнен анализ конструкции детали на технологичность.

На втором этапе выполнения работы нами проведена оценка типа производства, согласно годовой программе выпуска деталей и определен среднесерийный тип машиностроительного производства. Из двух наиболее подходящих типов заготовительного производства с помощью технико-экономического расчета принята штамповка. На самую точную поверхность полумуфты выполнен расчет припусков. Далее спроектирован технологический процесс изготовления полумуфты и рассчитаны режимы резания на некоторые операции.

Для закрепления заготовки на токарной чистовой операции нами спроектирован патрон трехкулачковый. В отличие от патрона из базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет пневматический привод, при помощи которого происходит автоматизированный зажим и разжим заготовки на операции. Данное мероприятие снижает вспомогательное время токарной операции, а это экономически выгодно.

Для протяжной операции техпроцесса изготовления полумуфты спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент, которым является протяжка круглая. Это специальный инструмент, который проектируется для каждой детали при применении протяжной операции.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Назначение и условия работы детали.....	8
1.2 Классификация поверхностей детали.....	8
1.3 Анализ требований к поверхностям детали.....	9
2 Технологическая часть.....	11
2.1 Определение типа производства.....	11
2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	11
2.3 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.4 Выбор методов обработки.....	14
2.5 Расчет припусков.....	17
2.6 Расчет режимов резания.....	21
3 Проектирование приспособления.....	27
3.1 Исходные данные.....	28
3.2 Силовой расчет.....	29
4 Проектирование режущего инструмента.....	32
4.1 Исходные данные.....	34
4.2 Проектирование протяжки.....	35
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	39
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	40
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	41
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков..	44
5.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	45
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	46

6 Экономическая эффективность.....	48	
Заключение.....	52	
Список используемой литературы и используемых источников.....	53	
Приложение А	Маршрутные	56
карты.....		

## Введение

Машиностроение является ведущей отраслью современного промышленного комплекса Российской Федерации. Машиностроение охватывает многие другие отрасли, так как от продуктов машиностроительных производств зависит работоспособность и продуктивность сельскохозяйственных, химических, транспортных и других отраслей.

Каждая машина имеет свою структуру и состав. Простые машины имеют скудную кинематическую структуру, а сложные имеют многокомпонентные кинематические цепи со множеством кинематических пар и деталей.

Муфты в механизмах машин призваны постоянно или на время соединять соосные валы. Если муфта долговременно выполняет постоянное соединение двух соосных валов, то такую муфту называют постоянной. Если же работы муфты заключается в регулярном соединении и разъединении валов, то такую муфту называют сцепной.

Обыкновенно муфты состоят из нескольких основных частей (двух или трех). Если муфта состоит из двух основных частей, то ее отдельные части называют полумуфтами.

Деталь «полумуфта» постоянной муфты предназначена для долговременного соединения с другой полумуфтой, чтобы обеспечить передачу крутящего момента от одного вала к другому, причем эти валы должны быть соосными.

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления полумуфты заданного качества в необходимом количестве с минимальными затратами на производство.

## 1 Анализ исходных данных

«Муфты, входящие в устройство многих машин и механизмов, являются достаточно ответственными узлами, определяющими надежность и долговечность всей машины. Разнообразие задач, решаемых с помощью муфт, и требований, предъявляемых к ним в соответствии с условиями эксплуатации машин и агрегатов, - все это вместе обусловило большое количество конструкций муфт различных видов. При этом нередко встречаются сложные комбинированные муфты, объединяющие в себе свойства нескольких типов простейших муфт». [25]

«В технике муфты – это соединительные устройства для тех валов, концы которых подходят один к другому вплотную или же удалены на небольшое расстояние. Соединение валов муфтами обеспечивает передачу вращающего момента от одного вала другому. Валы, как правило, расположены так, что геометрическая ось одного вала составляет продолжение геометрической оси другого вала. С помощью муфт можно также передавать вращение с валов на зубчатые колеса, шкивы, свободно насаженные на эти валы. Муфты не изменяют вращающего момента и направления вращения. Некоторые типы муфт поглощают вибрации и толчки, предохраняют машину от аварий при перегрузках». [25]

«Разнообразие прямых и дополнительных функций муфт, многообразие средств их реализации определили широкий набор конструкций обсуждаемого узла и развернутую их классификацию. В качестве первичного признака классификации муфт можно принять принцип передачи крутящего момента между ведущим и ведомым элементами. По этим признакам выделяют муфты механические, гидравлические, пневматические и электромагнитные. В муфтах механического принципа действия передача движения осуществляется посредством контакта твердых тел. Такие муфты наиболее просты по конструкции». [25]

«Фланцевые муфты (рисунок 1) являются одними из наиболее распространенных жестких нерасцепляемых муфт. Они удобны в монтаже и обеспечивают жесткие соединения валов. Отечественные стандартные фланцевые муфты по ГОСТ 20761-96 [8] состоят из конструктивно одинаковой ведущей 1 и ведомой 2 полумуфт, фланцы которых соединяются болтами 7 и 8 с соответствующими гайками 5 и шайбами 6. Крутящий момент с валов на полумуфты передается призматическими шпонками». [25]

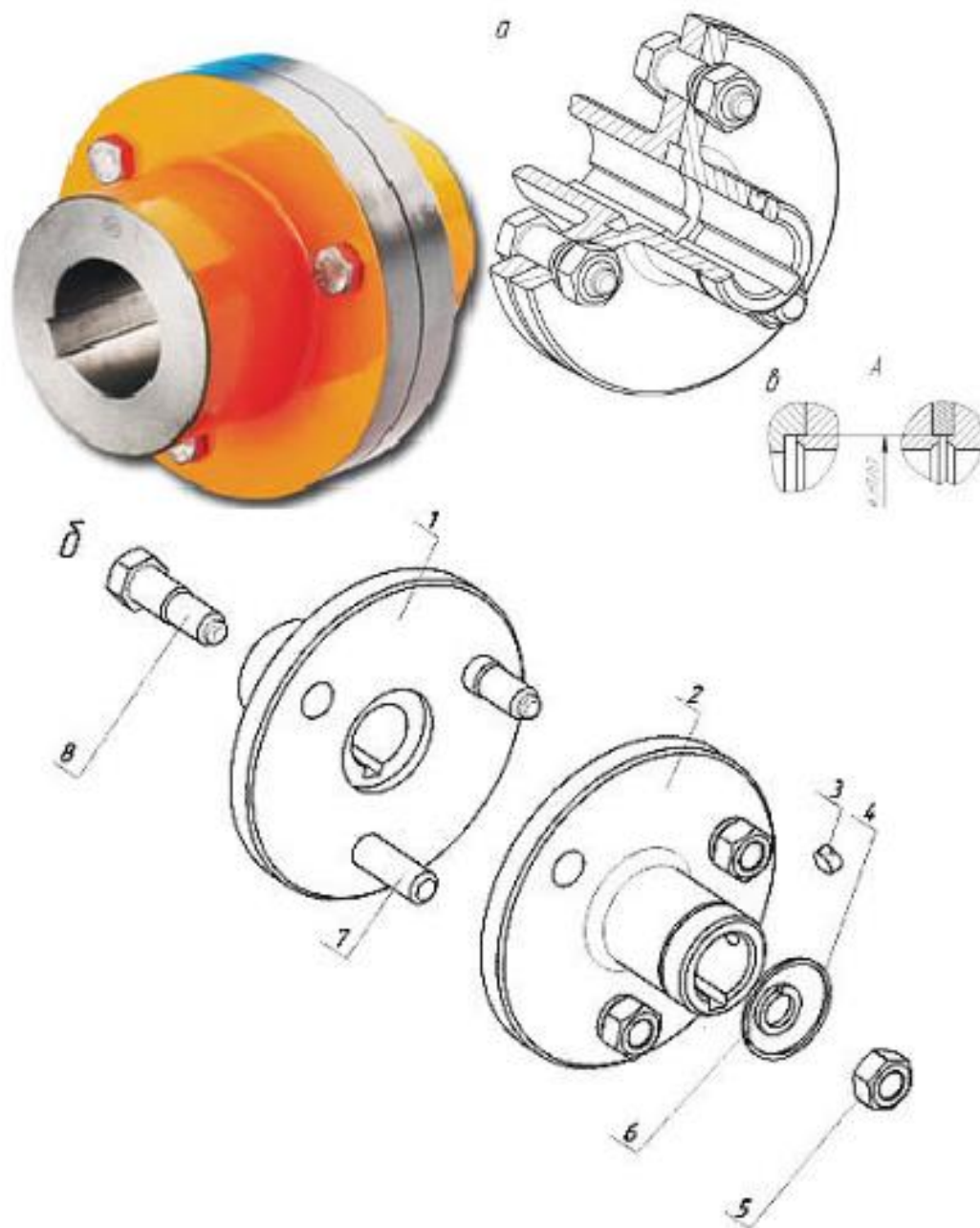


Рисунок 1 – Муфта фланцевая

## 1.1 Назначение и условия работы детали

«Конструктивно предусматривают фланцевые муфты открытые и закрытые. В закрытых муфтах фланцы снабжаются ободами, закрывающими головки болтов и гайки, которые обеспечивают безопасную эксплуатацию без защитного кожуха». [25]

Деталь «полумуфта» постоянной муфты предназначена для долговременного соединения с другой полумуфтой, чтобы обеспечить передачу крутящего момента от одного вала к другому, причем эти валы должны быть соосными.

## 1.2 Классификация поверхностей детали

Для проведения классификации поверхностей полумуфты пронумеруем каждую из ее поверхностей и представим это на рисунке 2.

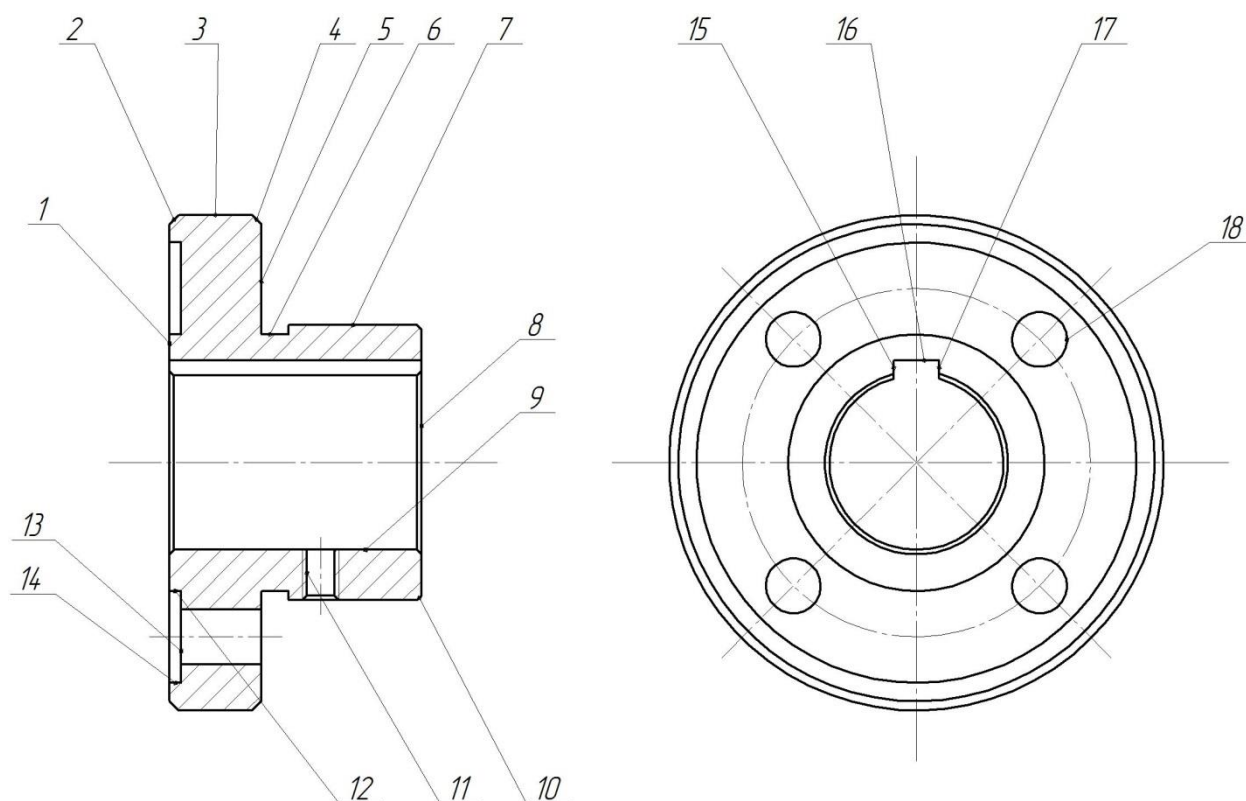


Рисунок 2 – Классификация поверхностей



Исполнительными поверхностями полумуфты являются боковые стороны шпоночного паза 15, 17, а также четыре отверстия под болты 18.

Основными конструкторскими базами полумуфты являются внутренняя цилиндрическая поверхность 9 и передняя торцевая поверхность 1.

Вспомогательными конструкторскими базами полумуфты являются вторая торцевая поверхность 8, и плоские поверхности под головки болтов 13.

Остальные поверхности – свободные.

### 1.3 Анализ требований к поверхностям детали

Материалом полумуфты является сталь 20 ГОСТ 1050-2013 [4], которая содержит около 0,20% углерода (C), остальным в составе является железо (Fe) и примеси.

Физико-механические свойства стали 20 представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические свойства стали 20

$\sigma_B$ , МПа	НВ	$\sigma_T$ , МПа	$\psi$ , %	$\delta_5$ , %
430	136...156	280	67	34

«По химическому составу все стали принято делить на два класса: стали, не содержащие в своем составе легирующих элементов, - углеродистые (нелегированные) и стали, в составе которых есть легирующие элементы. Такие стали называют легированными. В свою очередь углеродистые стали делят на три группы по содержанию углерода: низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и высокоуглеродистые». [17]

«Основной продукцией черной металлургии является сталь, причем производится приблизительно 80% углеродистой стали и 20% легированной. Таким образом, основным конструкционным материалом промышленности

является углеродистая сталь. Углеродистая сталь промышленного производства – это сплав сложного химического состава. Кроме основы – железа (содержание которого может составлять 97,0...99,5%), в ней содержится много элементов, присутствие которых обусловлено технологическими особенностями производства (марганец, кремний) либо невозможностью полного удаления из металла (сера, фосфор, кислород, азот, водород)4 также это могут быть случайные примеси (хром, никель, медь и другие)». [17]

«С увеличением содержания углерода в стали увеличивается ее предел прочности, а также твердость. Вместе с тем при увеличении содержания углерода снижается пластичность стали: уменьшаются относительное удлинение, относительное сужение и ударная вязкость. Влияние на свойства стали постоянных примесей также неоднозначно. К постоянным примесям относятся марганец, кремний, фосфор, сера, а также газы (водород, азот, кислород), в том или ином количестве постоянно присутствующие в технических сортах стали. Положительное влияние на свойства сталей оказывают только Mn и Si. Остальные элементы однозначно ухудшают свойства сталей, поэтому их называют вредными примесями». [17]

Конструкция полумуфты имеет свободные подходы ко всем поверхностям для обработки и измерения. Полумуфта имеет канавку (поверхность б) для выхода лезвийного и абразивного инструментов. По этому конструкцию полумуфты будем считать технологичной.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Определение типа производства**

«Разрабатываемый технологический процесс и выбор оборудования для проектируемого машиностроительного производства во многом зависит от типа производства, которое бывает: единичное; серийное, которое подразделяется на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное; массовое». [2]

«Тип производства характеризуют: широта номенклатуры (количество наименований выполняемых изделий); объем выпуска изделий; регулярность выпуска каждого изделия. Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями». [2]

В нашей работе будем принимать тип машиностроительного производства на основе двух параметров, таких как масса полумуфты  $m = 1,5$  кг и годовая программа выпуска  $N = 5000$  штук. Исходя из этих параметров, принимаем среднесерийный тип производства.

### **2.2 Выбор стратегии разработки техпроцесса**

«Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяемыми сериями и сравнительно небольшими объемами выпуска. Его отличают устойчивая номенклатура и ее повторяемость, специализация рабочих мест на нескольких операциях, широкое применение специализированного и специального оборудования, значительное использование труда рабочих средней квалификации, меньшая доля ручных работ и более высокий уровень механизации и автоматизации производства, меньшая трудоемкость и длительность цикла (станкостроение, приборостроение и так далее)». [20]

## 2.3 Выбор метода получения заготовки

«В процессе изготовления деталей возникает необходимость изменять размеры, форму, а в некоторых случаях и физико-механические свойства первоначально выбранной заготовки. Эти изменения достигаются различными способами обработки: правкой, резкой, вырубкой, гибкой, вальцовкой, обкаткой, вытяжкой, формированием, механической и тепловой обработкой». [27]

«Резкой, вырубкой и механической обработкой изменяют размеры заготовки. Правка, гибка, вальцовка, обкатка, вытяжка, формирование позволяют изменять форму заготовки, не уменьшая ее объема. Тепловая обработка применяется для улучшения физико-механических свойств материала». [27]

«Выбор способа обработки зависит от свойств обрабатываемого материала, требований к качеству поверхностей, а также от наличия на предприятии оборудования». [27]

Если полумуфту изготавливать из штампованной заготовки [11], то ее масса будет равна  $m = 2,1$  кг при габаритных параметрах  $\varnothing 110 \times 59,3$  мм. Если полумуфту изготавливать из проката [9], то ее масса будет равна  $m = 3,9$  кг при габаритных параметрах  $\varnothing 110 \times 57,8$  мм.

«Рассчитаем стоимость снятия 1 кг стружки при механической обработке (руб./кг)

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k, \quad (1)$$

где  $C_c = 0,495$ ;  $E_n = 0,15$ ;  $C_k = 1,085$ ». [16]

$$C_{\text{мех}} = 0,495 + 0,15 \cdot 1,085 = 0,6578.$$

«Рассчитаем стоимость 1 кг заготовки, полученной штамповкой (руб.)

$$C_{заг} = C_{ум} \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_g \cdot k_M \cdot k_n, \quad (2)$$

где  $C_{ум} = 0,315; k_m = 0,9; k_c = 0,84; k_g = 1,14; k_M = 1,0; k_n = 1,0$ ». [16]

$$C_{заг} = 0,315 \cdot 0,9 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2715 \text{ руб.}$$

«Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученной штамповкой (руб.)

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{ум} + C_{мех}(Q_{ум} - q) - C_{отх}(Q_{ум} - q), \quad (3)$$

где  $Q_{ум} = 2,1; q = 1,5$ ;

$$C_{отх} = 0,0144$$
». [16]

$$C_{ми} = 0,2715 \cdot 2,1 + 0,6578(2,1 - 1,5) - (2,1 - 1,5)0,0144 = 0,9562$$

«Рассчитаем технологическую себестоимость изготовления детали, полученную прокатом (руб.)

$$C_{ми} = C_{заг} \cdot Q_{пр} + C_{мех}(Q_{пр} - q) - C_{отх}(Q_{пр} - q), \quad (4)$$

где  $Q_{пр} = 15,05; q = 3,5$ ;

$$C_{отх} = 0,0144$$
». [16]

$$C_{ми} = 0,1219 \cdot 3,9 + 0,6578(3,9 - 1,5) - 0,0144(3,9 - 1,5) = 2,0196 \text{ руб.}$$

Себестоимость штампованной заготовки ниже, следовательно, примем для нашего техпроцесса в качестве заготовки штамповку.

«Определим коэффициент использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3} \text{ »}. \quad (5)$$

$$K_{им} = 1,5 / 2,1 = 0,71.$$

Значение  $K_{им}$  соответствует среднесерийному типу производства.

Чертеж заготовки представлен в графической части.

## 2.4 Выбор методов обработки

«Выбор методов обработки поверхностей зависит от конфигурации детали, ее габаритов, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки. Необходимое качество поверхностей в машиностроении достигается преимущественно обработкой резанием. В зависимости от технологических требований, предъявляемых к детали и типа производства выбирают один или несколько возможных методов обработки тип соответствующего оборудования. Выбор конкретного метода обработки поверхности производят с помощью таблиц средней экономической точности различных методов обработки. Обработку поверхностей можно выполнять в один или несколько переходов, на каждом из которых используют свой метод обработки. Если заготовка имеет высокую точность, то в ряде случаев обработку можно начинать с чистовых методов». [30]

Поверхность 1 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности  $Ra$  1,6. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT12. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое, шлифование черновое.

Поверхность 2 по форме является наружной конической. Параметр шероховатости данной поверхности  $Ra$  6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 3 по форме является наружной цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT12. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 4 по форме является наружной конической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 5 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 6 по форме является наружной цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 7 по форме является наружной цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 8 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT12. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 9 по форме является внутренней цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 1,6. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT7. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое, шлифование черновое и чистовое.

Поверхность 10 по форме является наружной конической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 11 по форме является внутренней резьбовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, 7H. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление, резбонарезание.

Поверхность 12 по форме является внутренней цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 13 по форме является плоской торцовой. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.

Поверхность 14 по форме является внутренней цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT14. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: точение черновое и чистовое.



Поверхность 15 по форме является плоской. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование.

Поверхность 16 по форме является плоской. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 6,3. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT12. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование.

Поверхность 17 по форме является плоской. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 3,2. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT9. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: фрезерование.

Поверхность 18 по форме является внутренней цилиндрической. Параметр шероховатости данной поверхности Ra 1,6. Необходимая точность поверхности, заданная чертежом, IT7. Исходя из этих параметров, назначаем следующие методы обработки поверхности: сверление, зенкерование и развертывание.

## **2.5 Расчет припусков**

«Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки, в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Припуск на обработку поверхности детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков. ГОСТы и таблицы позволяют назначать припуски независимо от технологического процесса изготовления детали и условий его осуществления и поэтому в общем случае являются завышенными, содержат резервы снижения расхода материала и трудоемкости изготовления детали». [28]

«Расчетно-аналитический метод определения припусков базируется на основе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого перехода технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяют методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск. Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки». [28]

Рассчитаем припуски на обработку поверхности 9 с параметрами качества  $\varnothing 39H7(^{+0,025})$  мм,  $L = 53$  мм,  $Ra = 1,6$  мкм.

Найдем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм)

$$\Delta = 0,25 \cdot TD. \quad [28] \quad (6)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,7 = 0,175.$$

$$\Delta_{01} = 0,25 \cdot 0,250 = 0,063.$$

$$\Delta_{02} = 0,25 \cdot 0,062 = 0,016.$$

$$\Delta_{TO} = 0,25 \cdot 0,100 = 0,025.$$

$$\Delta_{03} = 0,25 \cdot 0,039 = 0,010.$$

$$\Delta_{04} = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006.$$

Вычислим максимальное и минимальное значение припуска (мм)

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon_i^2}. \quad [28] \quad (7)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i). \quad [28] \quad (8)$$

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,175^2 + 0,025^2} = 0,577.$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,063^2 + 0} = 0,263.$$

$$Z_{3\min} = a_2 + \sqrt{(\Delta_{TO})^2 + \varepsilon_3^2} = 0,1 + \sqrt{0,025^2 + 0^2} = 0,125.$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon_4^2} = 0,05 + \sqrt{0,010^2 + 0} = 0,060.$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0,5(TD_0 + TD_1) = 0,577 + 0,5(0,700 + 0,250) = 1,052.$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0,5(TD_1 + TD_2) = 0,263 + 0,5(0,250 + 0,062) = 0,419.$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0,5(TD_{TO} + TD_3) = 0,125 + 0,5(0,100 + 0,039) = 0,195.$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0,5(TD_3 + TD_4) = 0,060 + 0,5(0,039 + 0,025) = 0,092.$$

Определим значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{4\min} = 39,000.$$

$$D_{4\max} = 39,025.$$

$$D_{3\min} = D_{4\min} - 2 \cdot Z_{4\min} = 39,000 - 2 \cdot 0,060 = 38,880.$$

$$D_{3\max} = D_{3\min} - TD_3 = 38,880 - 0,039 = 38,841.$$

$$D_{TO\min} = D_{3\min} - 2 \cdot Z_{3\min} = 38,841 - 2 \cdot 0,125 = 38,591.$$

$$D_{TO\max} = D_{TO\min} - TD_{TO} = 38,591 - 0,100 = 38,491.$$

$$D_{2\max} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 38,491 \cdot 0,999 = 38,453.$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 38,453 - 0,062 = 38,391.$$

$$D_{1\min} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 38,391 - 2 \cdot 0,263 = 37,865.$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} - TD_1 = 37,865 - 0,250 = 37,615.$$

$$D_{0\min} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 37,615 - 2 \cdot 0,577 = 36,461.$$

$$D_{0\max} = D_{0\min} - TD_0 = 36,461 - 0,7 = 35,761.$$

Определим средние значения размеров на каждом переходе (мм)

$$D_{cpi} = 0,5(D_{i\max} + D_{i\min}). \quad (9)$$

$$D_{cp0} = 0,5(D_{0\max} + D_{0\min}) = 0,5(35,761 + 36,461) = 36,111.$$

$$D_{cp1} = 0,5(D_{1\max} + D_{1\min}) = 0,5(37,615 + 37,865) = 37,740.$$

$$D_{cp2} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(38,391 + 38,453) = 38,422.$$

$$D_{cpTO} = 0,5(D_{TO\max} + d_{TO\min}) = 0,5(38,491 + 38,591) = 38,541.$$

$$D_{cp3} = 0,5(D_{3\max} + D_{3\min}) = 0,5(38,841 + 38,880) = 38,861.$$

$$D_{cp4} = 0,5(D_{4\max} + D_{4\min}) = 0,5(38,025 + 38,000) = 38,013.$$

Определим общий припуск на обработку (мм)

$$2Z_{\min} = D_{4\min} - D_{0\max}. \quad (10)$$

$$2Z_{\min} = 38,000 - 35,761 = 2,239.$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (11)$$

$$2Z_{\max} = 2,239 + 0,700 + 0,025 = 2,964.$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{\min} + 2Z_{\max}). \quad (12)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2,239 + 2,964) = 2,602.$$

Найденные значения промежуточных припусков в дальнейшем используем при проектировании операций технологического процесса изготовления полумуфты.

## 2.6 Расчет режимов резания

«Назначение режимов резания является важным элементом при разработке технологических процессов изготовления или ремонта деталей на металлорежущих станках, причем самой распространенной является обработка на токарных станках». [26]

«Глубину резания  $t$  следует брать равной припуску на обработку для данной операции. Если припуск нельзя снять за один рабочий ход, то число проходов должно быть возможно меньшим». [26]

«При чистовой обработке глубина резания зависит от требуемых точности и шероховатости обработанной поверхности. При параметре шероховатости поверхности до  $R_z = 20$  мкм включительно глубина резания рекомендуется 0,5-2 мм, при  $R_z < 0,8$  мкм – 0,1-0,4 мм». [26]

«При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из прочности и жесткости системы «станок-приспособление-инструмент-деталь», мощности привода станка и других ограничивающих факторов. При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности». [26]

### 2.6.1 Расчет режимов резания на операцию 005.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 0,5$ . [22]

Подача  $S = 0,2$ . [22]

«Скорость резания

$$V = V_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (13)$$

где  $K_1 = 1,25; K_2 = 1,0; K_3 = 1,0; V_0 = 175$ ». [22]

$$V = 175 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 219 \text{ м/мин.}$$

«Частота

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \gg. [22] \quad (14)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 219}{3,14 \cdot 110} = 634 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

«Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \gg. [22] \quad (15)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 630}{1000} = 217,6 \text{ м/мин.}$$

«Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n \gg. [22] \quad (16)$$

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

«Основное время

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S} \gg. [22] \quad (17)$$

$$T_0 = \frac{72}{126} = 0,57 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания  $t = 0,5$ . [22]

Подача  $S = 0,2$ . [22]

Скорость резания

$$V = 175 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 219 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot 219}{3,14 \cdot 36} = 1937 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 1600}{1000} = 180,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1600 = 320 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{57}{320} = 0,18 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,57 + 0,18 = 0,75 \text{ мин.}$$

## 2.6.2 Расчет режимов резания на операцию 015.

Переход 1.

Глубина резания  $t = 2,3$ . [22]

Подача  $S = 0,2$ . [22]

Скорость резания

$$V = 175 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 219 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot 219}{3,14 \cdot 60,6} = 1151 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1000 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 60,6 \cdot 1000}{1000} = 190,3 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{3}{200} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход 2.

Глубина резания  $t = 0,3$ . [22]

Подача  $S = 0,2$ . [22]

Скорость резания

$$V = 175 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 219 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot 219}{3,14 \cdot 108,6} = 642 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 630 \text{ мин}^{-1}.$$

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 108,6 \cdot 630}{1000} = 214,8 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 630 = 126 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{72}{126} = 0,57 \text{ мин.}$$

Переход 3.

Глубина резания  $t = 0,3$ . [22]

Подача  $S = 0,2$ . [22]

Скорость резания

$$V = 175 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 219 \text{ м/мин.}$$

Частота

$$n = \frac{1000 \cdot 219}{3,14 \cdot 37} = 1885 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$



Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 37 \cdot 1600}{1000} = 185,9 \text{ м/мин.}$$

Минутная подача

$$S = S_0 \cdot n = 0,2 \cdot 1600 = 320 \text{ мм/мин.}$$

Основное время

$$T_0 = \frac{57}{320} = 0,18 \text{ мин.}$$

Основное время всей операции

$$T_0 = \Sigma T_{0i} = 0,02 + 0,57 + 0,18 = 0,77 \text{ мин.}$$

### 2.6.2 Режимы резания на операцию 035.

«При использовании инструментов с износостойкими покрытиями наиболее выгодно эксплуатировать инструмент с покрытием на оптимальных скоростях резания, минимизирующих износ инструмента, которые на 30-50% превышают оптимальные скорости резания для инструмента без покрытия».  
[15]

«При выборе и расчете скорости резания, в случае использования при обработке СОТС необходимо учитывать их влияние на качество обработанной поверхности и производительность обработки. При этом смазывающий эффект СОТС приводит, как правило, к снижению интенсивности износа инструмента и улучшению качества обработанной поверхности, а охлаждающий эффект позволяет увеличить значение оптимальной скорости резания на 20-30%, что ведет к повышению производительности обработки». [15]

Переход 1

«Осевая сила резания

$$P_0 = q_0 \cdot \Sigma l_p \cdot k_p, \quad (18)$$

где  $q_0 = 72 \text{ Н/мм}$ ». [22]

$$\ll k_p = k_{pm} \cdot k_{po} \cdot k_{pp} \cdot k_{pk} \gg, \quad (19)$$

где  $k_{pm} = 1; k_{po} = 1; k_{pp} = 1; k_{pk} = 1$ ». [22]

$$k_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,0.$$

$$\ll \Sigma l_p = \frac{\pi \cdot D \cdot Z_p}{Z_c} \gg. \quad [22] \quad (20)$$

$$\ll Z_p = \frac{l}{t} + 1 \gg, \quad (21)$$

где  $l = 53; t = 10$ ». [22]

$$Z_p = \frac{53}{10} + 1 = 7. \quad Z_c = 2. \quad [22]$$

$$\Sigma l_p = \frac{3,14 \cdot 37,8 \cdot 7}{2} = 415 \text{ мм.}$$

$$P = 72 \cdot 415 \cdot 1 = 29880 \text{ Н.}$$

Принимаем скорость резания

$$V = 8 \text{ м/мин.}$$

«Операционное время

$$T_0 = \frac{L}{1000 \cdot V} \gg. \quad [22] \quad (22)$$

$$T_0 = \frac{53}{1000 \cdot 8} = 0,01 \text{ мин.}$$

Полученные значения режимов резания при изготовлении полумуфты внесем в технологическую документацию, представленную в приложении А.

### **3 Проектирование приспособления**

«Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления конкретной детали. При этом в решаемые технологом задачи входят: выбор заготовки и технологических баз; составление технологического маршрута обработки; уточнение содержания технологических операций; разработка операционных эскизов, дающих ведения об установке и закреплении заготовки; определение промежуточных размеров по операциям механической обработки и допусков на них; установление режимов резания; определение штучного времени; выбор типа и модели станка». [19]

«В современном проектировании технолог должен представить конструктору принципиальную схему приспособления с указанием способа базирования и крепления заготовки и разработать техническое задание на его конструирование. Задача конструирования приспособления вытекает из общей задачи проектирования технологического процесса изготовления изделия. Поэтому все исходные данные и принципиальные решения конструктор приспособления получает от технолога». [19]

«В задачи конструктора входят: уточнение принятой технологом схемы установки; выбор конструкций и размеров установочных элементов приспособления; определение силы крепления заготовки; уточнение схемы и размеров зажимного устройства; определение размеров направляющих деталей приспособления; общая компоновка приспособления». [19]

«Конструктору необходимо учитывать технологические возможности изготовления приспособления в условиях данного завода и программу выпуска изделий, чтобы выбрать наиболее рентабельную конструкцию и обосновать решение о применении в конструируемом приспособлении сменных быстроизнашивающихся деталей. Полезно изучение опыта эксплуатации аналогичных приспособлений. Проработка исходных данных приводит к рациональному построению технологических операций». [19]

### 3.1 Исходные данные

На 015 Токарной чистовой технологической операции изготовления полумуфты обработку ведут на трех переходах. При этом заготовку устанавливают на токарный станок с ЧПУ модели SAMAT-400XC. Операционный эскиз представлен на рисунке 3.

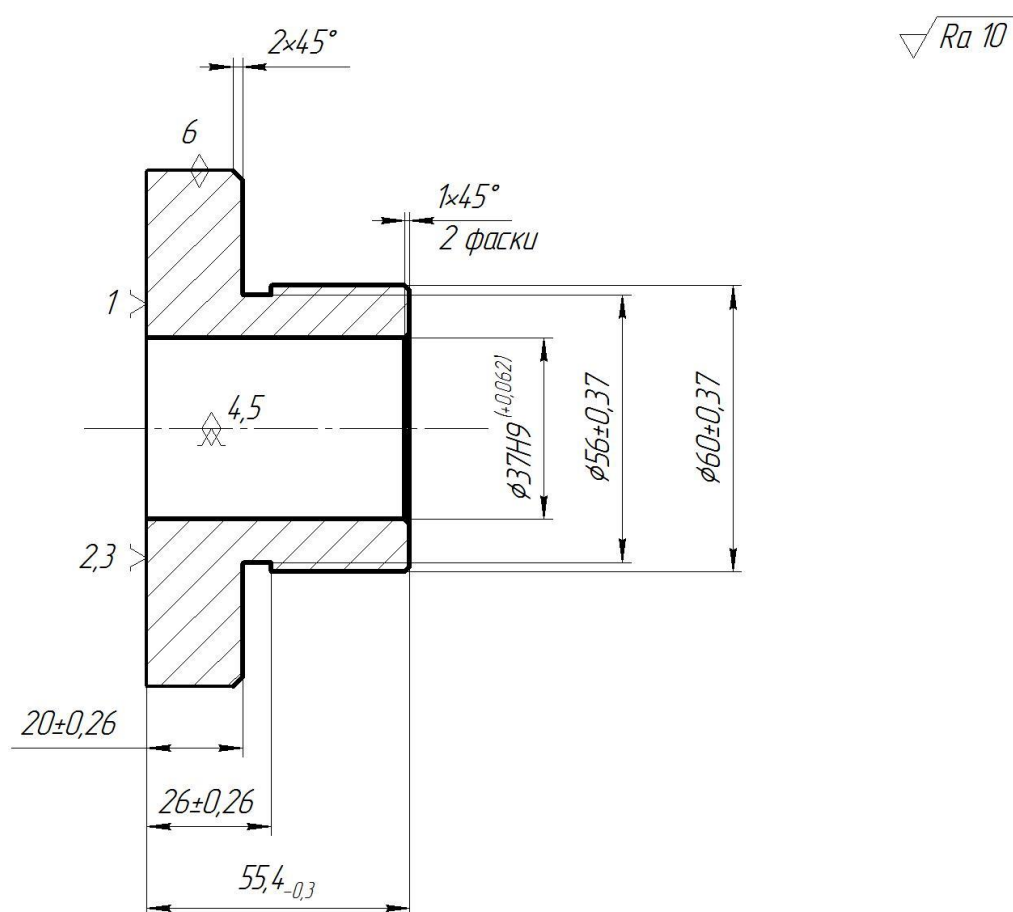


Рисунок 3 – Операционный эскиз

В данном разделе необходимо спроектировать зажимное приспособление для данной операции. В связи с серийностью производства это приспособление должно иметь механизированный привод для того,

чтобы облегчить работу оператора токарного станка с ЧПУ и сократить время, затрачиваемое на установку и снятие заготовки.

### 3.2 Силовой расчет

Определим составляющие силы резания

$$\langle P_{y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где  $C_p$ ,  $n$ ,  $x$ ,  $y$  – коэффициенты и показатели степеней, учитывающие конкретные условия обработки;

$V$  – скорость резания;

$t$  – глубина резания;

$S$  – подача;

$K_p$  – коэффициент учитывающий условия обработки». [29]

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 214,8^{-0,3} \cdot 0,9 = 56,3 \text{ , Н.}$$

$$P_{y,z} = 10 \cdot 300 \cdot 0,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 214,8^{-0,15} \cdot 0,9 = 108,3 \text{ , Н.}$$

Определим крутящий момент

$$\langle M_p = \frac{P_z \cdot d_0}{2}, \quad (24)$$

где  $P_z$  – сила резания, Н

$d_0$  – максимальный диаметр обрабатываемой поверхности, мм». [29]

Схема фиксации заготовки представлена на рисунке 4.

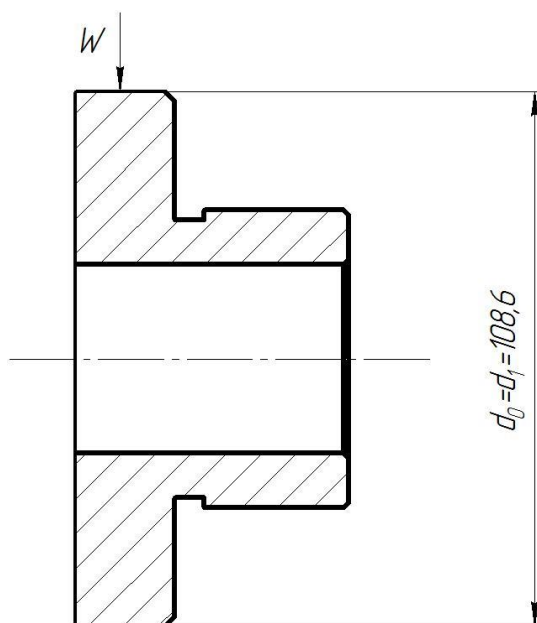


Рисунок 4 - Схема фиксации

Момент от силы зажима

$$\ll M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (25)$$

где  $W$  – суммарное усилие зажима, приходящееся на три кулачка;

$f$  – коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка;

$d_3 = 60$  мм – диаметр закрепления». [29]

Из равенства этих двух моментов получим

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot d_0}{f \cdot d_3}. \quad (26)$$

Определим коэффициент запаса  $K$

$$\ll K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (27)$$

где  $K_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса

$K_1 = 1,2$  – коэффициент учитывающий, увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки;

$K_2 = 1$  - коэффициент учитывающий, увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1$  - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании». [29]

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8 .$$

$$W = \frac{1,8 \cdot 108,3 \cdot 108,6}{0,3 \cdot 108,6} = 649,8, \text{ Н.}$$

Зажимное усилие

$$\llcorner Q = \frac{W}{i_c}, \quad (28)$$

где  $i_c$  – передаточное отношение по силе зажима механизма». [29]

$$\llcorner i_c = \frac{A}{B}, \quad (29)$$

где А и В – плечи рычага». [29]

$$i_c = 2 .$$

$$Q = \frac{649,8}{2} = 324,9, \text{ Н.}$$

Чертеж зажимного приспособления для закрепления заготовки техпроцесса изготовления полумуфты представлен в графической части.

#### 4 Проектирование режущего инструмента

«Протяжки являются узкоспециализированным инструментом, предназначенным и рассчитанным для обработки одной или нескольких деталей и достаточно дорогой. Это и обуславливает рентабельность применения протяжки в условиях массового и серийного производства. За последние годы благодаря расширению шпоночных и шлицевых соединений протяжки для них применяются в условиях мелкосерийного производства. Протяжки обладают высокой производительностью, не смотря на то, что они работают с невысокими скоростями резания (3-8 м/мин). Высокая производительность обеспечивается тем, что в работе одновременно находится большая часть длины режущей кромки. Высокая производительность протяжек обеспечивается тем, что на протягивание идут черновые, чистовые и калибрующие зубья». [24]

Одной операцией протягивания могут быть заменены две или три операции. В процессе резания стружка не может быть удалена из впадин между зубьями протяжки, и должна полностью размещаться во впадине канавок. Протяжки, применяемые в современном машиностроении, подразделяются на два вида: для протягивания замкнутых контуров – внутренние протяжки; для протягивания открытых поверхностей – наружные протяжки. Внутренние протяжки применяются для обработки цилиндров, многогранных, шлицевых отверстий, шпоночных пазов.

Протягивание цилиндрических отверстий является завершенной операцией после предварительного сверления или чернового растачивания. Обработка многогранного отверстия производится протягиванием из предварительно изготовленного круглого отверстия.

«Протяжки имеют форму стержня или полосы, снабженных зубьями, последовательно расположенными вдоль их оси (рис. 5, а). Протяжками обрабатывают внутренние и наружные поверхности различной формы». [1]



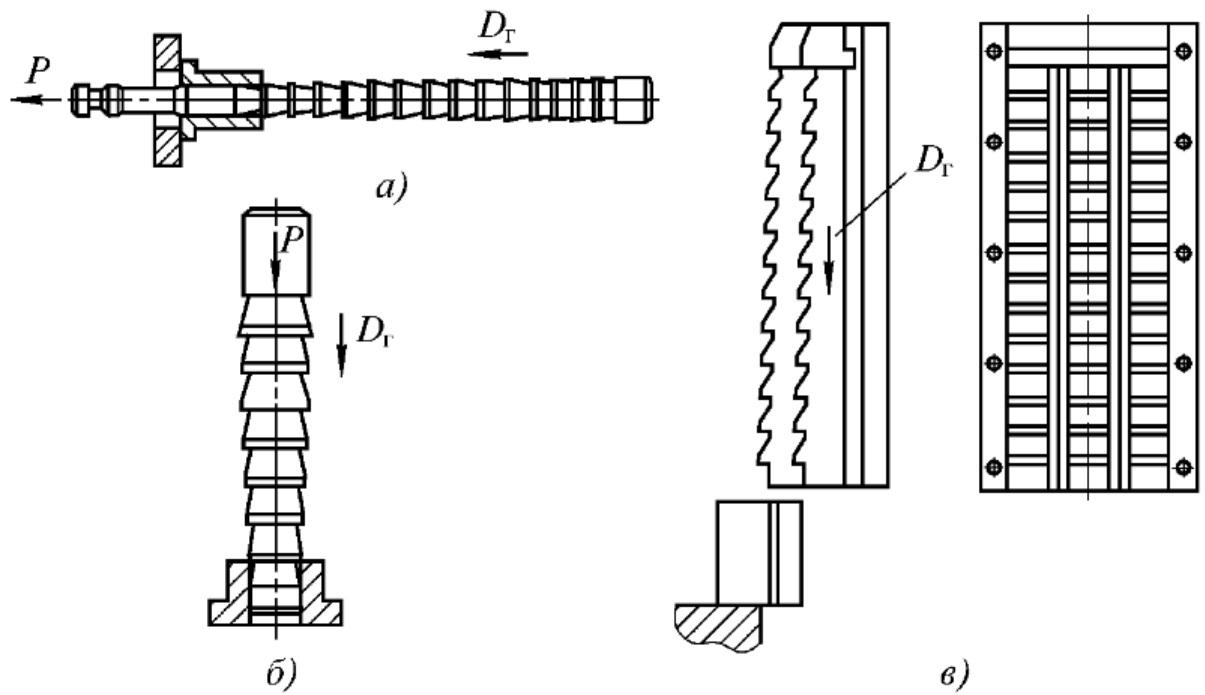


Рисунок 5 – Протяжка (а), прошивка (б) и протяжной блок (в)

«Процесс протягивания представлен на рисунке б». [1]

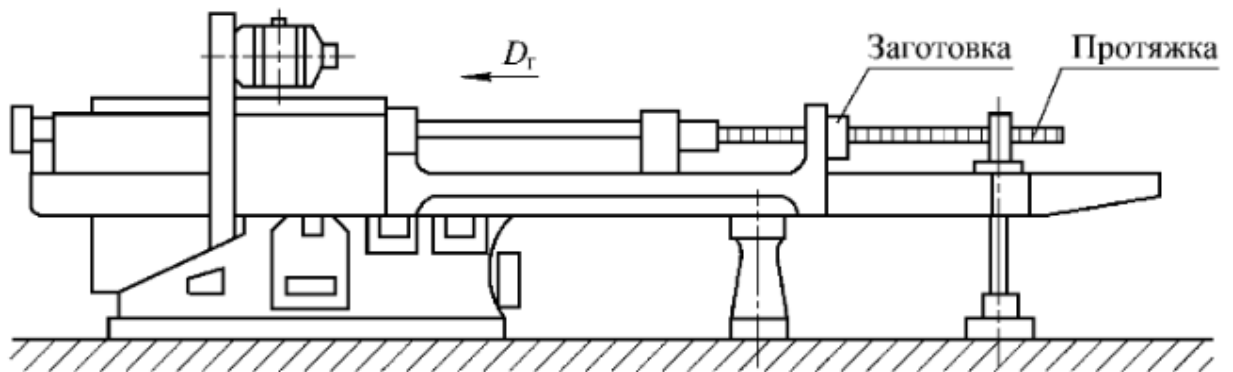


Рисунок 6 - Протягивание

«Заготовка устанавливается на кронштейне протяжного станка, после чего в ее отверстие (предварительно полученное или черновое) вставляют хвостовик протяжки, который соединяют с ползуном станка. Таким образом, если первый зуб протяжки начинает резание, то последующие его заканчивают». [1]

#### 4.1 Исходные данные

На первом переходе 035 протяжной операции техпроцесса изготовления полумуфты обрабатывают центральное отверстие заготовки (поверхность 9) на горизонтально-протяжном станке. Эскиз операции представлен на рисунке 7.

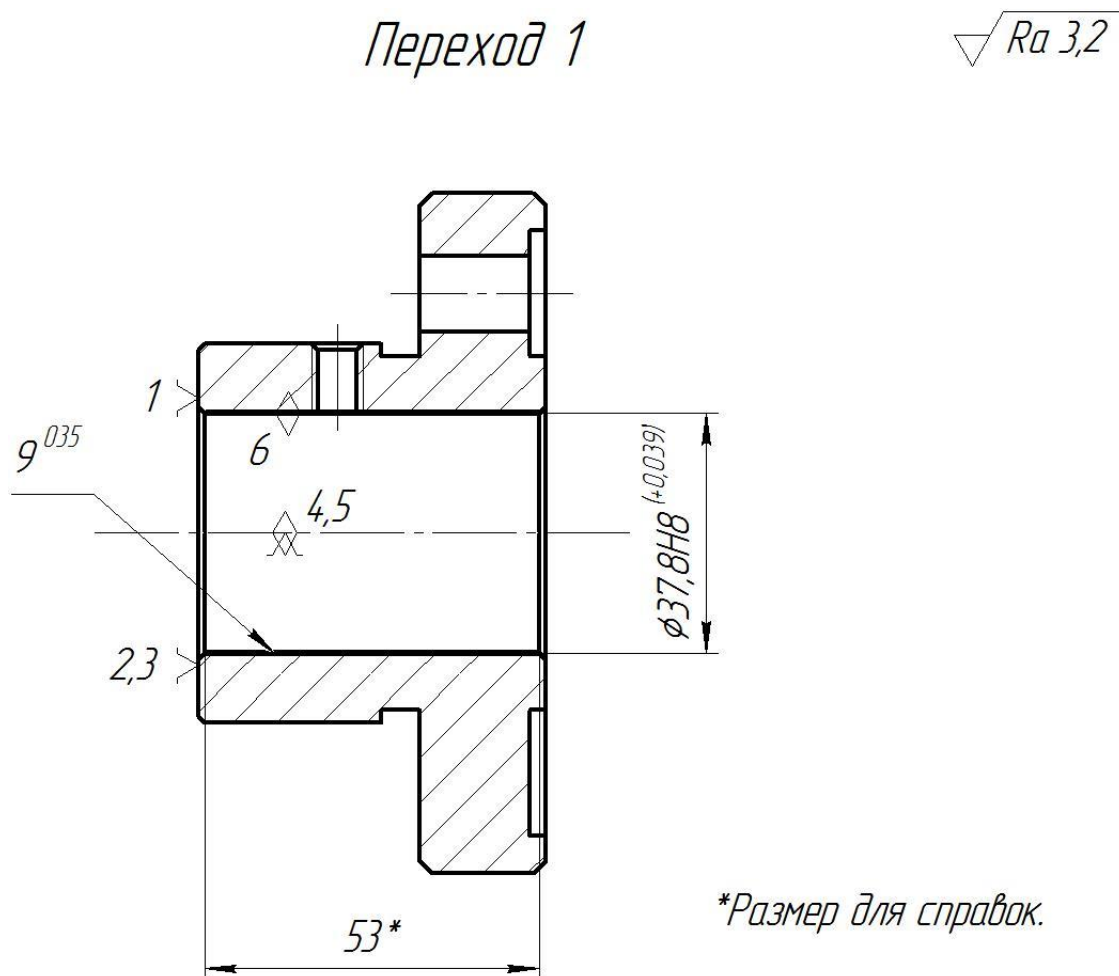


Рисунок 7 – Эскиз первого перехода операции 035

Диаметр отверстия до обработки  $D_0 = 37H9^{(+0,062)}$  мм.

Диаметр отверстия после обработки  $D = 37,8H8^{(+0,039)}$  мм.

Длина отверстия  $L_0 = 53$  мм.

## 4.2 Проектирование протяжки

Принимаем задний угол режущих зубьев  $\alpha_{r0} = 3^\circ$ ; передний угол  $\gamma_{r0} = 8^\circ$ . [23]

«Припуск под протягивание  $A$  (мм)

$$A = \frac{D_{\max} - D_0}{2}. \quad [23] \quad (30)$$

$$\ll D_{\max} = D + \frac{1}{2}IT \gg. \quad [23] \quad (31)$$

$$D_{\max} = 37,8 + \frac{1}{2}0,039 = 37,820.$$

$$A = \frac{D_{\max} - D_0}{2} = \frac{37,820 - 37}{2} = 0,410.$$

«Шаг режущих зубьев (мм)

$$t = (1,25 \dots 1,5) \sqrt{L_0}. \quad (32)$$

$$t = 1,3 \sqrt{53} = 9,46.$$

$$t = 10 \text{ мм}.$$

Тогда  $h = 4; c = 3; r = 2; R = 7; F_K = 12,57$ . [23] (рисунок 8).

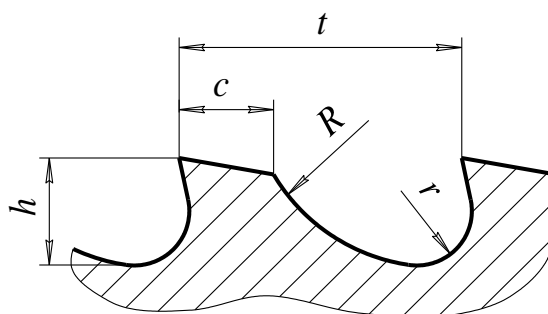


Рисунок 8 - Стружечная канавка

«Толщина среза (мм)

$$a_z = \frac{F_k}{KL_0}, \quad (33)$$

где  $K = 4$ ». [23]

$$a_z = \frac{12,57}{4 \cdot 53} = 0,059.$$

«Число одновременно работающих зубьев

$$q = \left[ \frac{L_0}{t} + 1 \right] \text{.} \quad (34)$$

$$q = \left[ \frac{53}{10} + 1 \right] = 7.$$

«Сила, приходящаяся на 1 мм длины контура

$$P_z = C_p \cdot \sigma_B \cdot a_z^{0,85} \cdot K_\gamma, \quad (35)$$

где  $C_p = 3,3$ ». [23]

$$K_\gamma = \frac{90 - \gamma}{75}. \quad (36)$$

$$K_\gamma = \frac{90 - 8}{75} = 1,09.$$

$$P_z = 3,3 \cdot 430 \cdot 0,059^{0,85} \cdot 1,09 = 139,52, \text{ Н.}$$

«Усилие протягивания

$$P_T = \pi \cdot P_z \cdot D \cdot q \text{.} \quad (37)$$

$$P_T = 3,14 \cdot 139,52 \cdot 37,8 \cdot 7 = 115919 \text{ Н.}$$

«Напряжение в канавке перед первым зубом

$$\sigma_1 = \frac{4P_T}{\pi(D_0 - 2h)^2} \text{». [23]} \quad (38)$$

$$\sigma_1 = \frac{4 \cdot 115919}{3,14(37 - 2 \cdot 4)^2} = 175,6, \text{ МПа.}$$

«Число черновых зубьев

$$z = \frac{A - a'_z z'}{a_z} + 1 \text{».} \quad (39)$$

$$z = \frac{0,410 - 0,028 \cdot 2}{0,059} + 1 = 7.$$

На чистовом зубе толщина среза равна  $a'_z = 0,028$  . Число чистовых зубьев  $z' = 2$  .

«Номинальные диаметры черновых режущих зубьев (мм)

$$D_i = D_0 + 2a_z(i - 1) \text{». [23]} \quad (40)$$

$$D_1 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(1 - 1) = 37,000.$$

$$D_2 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(2 - 1) = 37,118.$$

$$D_3 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(3 - 1) = 37,236.$$

$$D_4 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(4 - 1) = 37,354.$$

$$D_5 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(5 - 1) = 37,472.$$

$$D_6 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(6 - 1) = 37,590.$$

$$D_7 = 37,0 + 2 \cdot 0,059(7 - 1) = 37,708.$$

«Для чистовых зубьев

$$D_{cj} = D_z + 2 \cdot a'_z \cdot j \text{.} \quad [23] \quad (41)$$

$$D_{c1} = 37,708 + 2 \cdot 0,028 \cdot 1 = 37,764 \text{.}$$

$$D_{c2} = 37,764 + 2 \cdot 0,028 \cdot 2 = 37,820 \text{.}$$

«Число калибрующих зубьев» [23]

$$z_k = 7 \text{.}$$

Чтобы исключить застревание заготовки на направляющих протяжки, поле допуска на диаметр передней направляющей располагают по *e8*, а на диаметр задней направляющей, которая соприкасается с уже обработанной поверхностью, по *f7*.

Допуски на размеры хвостовика назначают следующими: на диаметр  $d_1$  – по *e8*; на диаметр  $d_2$  – по *c11*; на диаметр  $d_3$  – с верхним предельным отклонением  $-0,5$  мм и нижним предельным отклонением  $-1,0$  мм; на размер  $b$  – по *e8*. Отклонением общей длины протяжки не должно превышать  $\pm 3$  мм при  $L \leq 1000$  мм и  $\pm 5$  мм при  $L > 1000$  мм.

Чертеж круглой протяжки для обработки центрального отверстия полумуфты представлен в графической части работы.

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

В работе рассматривается техпроцесс изготовления полумуфты зубофрезерного станка. В процессе анализа базового варианта техпроцесса нами было принято решение подвергнуть модернизации две технологические операции, ими оказались 015 токарная чистовая операция, выполняемая на токарном станке с ЧПУ модели SAMAT-400XC, и протяжная операция 035, которая выполняется на горизонтально-протяжном станке модели 7523.

«Профессиональная деятельность человека связана с применением технологического оборудования, вызывающего в различной степени появление возможных рисков. По природе возникновения риски могут быть классифицированы. Выделяют профессиональные, техногенные и экологические риски. В качестве профессиональных рассматриваются риски травмирования человека (работника), а также возникновения профессиональных заболеваний, вызывающих снижение работоспособности, снижение производительности труда и нарушение здоровья. При рассмотрении техногенных рисков речь может идти об отказах оборудования, промышленных зданий и сооружений, а также о возникновении пожаров, аварийных и чрезвычайных ситуаций. К экологическим рискам следует отнести образующиеся факторы воздействия технического объекта на окружающую среду, включающие выбросы углекислого газа, токсичные и/или радиоактивные выбросы в атмосферу, образование загрязненных сточных вод, выделение опасных загрязняющих газообразных, жидких или твердых веществ и материалов в виде отходов и брака производства, вынужденную выемку загрязненных грунтовых покрытий, нарушение и загрязнение растительного и почвенного покровов и т.д.». [3]

«Своевременная идентификация профессиональных рисков, определение степени возникновения производственно-технологического

инцидента на производстве позволит предупредить негативные последствия возникновения рисков, исключить производственные травмы и т.д.». [3]

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

В технологическом процессе изготовления полумуфты зубофрезерного станка совершенствованию подвергаются токарная чистовая операция 015, которая выполняется на токарном станке с ЧПУ модели SAMAT-400XC, и протяжная операция 035, выполняемая на горизонтально-протяжном станке модели 7523. Токарным станком с ЧПУ, также как и горизонтально-протяжным станком управляет оператор, функциями которого является загрузка необработанной заготовки в станочное приспособление, закрепление заготовки в специальное приспособление, закрытие рабочей зоны станка защитным экраном, запуск программы на обработку. После проведения обработки оператор открывает рабочую зону станка, извлекает обработанную заготовку из станочного приспособления и отправляет ее в накопитель.

Режущими инструментами на токарной операции 015 являются канавочный резец с твердосплавной пластиной из сплава T15K6, контурный резец с твердосплавной пластиной из сплава T15K6 и расточной резец с пластиной из твердого сплава T15K6.

Режущим инструментами на протяжной операции является две протяжки, режущая часть которых изготовлены из быстрорежущей стали P6M5, а хвостовые части протяжек изготавливаются из конструкционной стали 40X.

Заготовка изготавливается из конструкционной углеродистой стали 20.

В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) используется масляная жидкость EFELE CF-624, производства отечественной компании «Эффективный элемент», предназначенная для охлаждения при



механической обработке различных сталей. Она представляет собой специально обработанное масло, в которой добавлены различные присадки для придания жидкости специальных технологических и антикоррозионных свойств. В присутствии СОЖ в зоне резания снижается температура нагрева и обрабатываемого материала и режущего инструмента, а это снижает интенсивность износа инструмента и предотвращает изменение механических свойств обрабатываемого материала.

## **5.2 Идентификация профессиональных рисков**

«Опасная зона – это пространство, в котором постоянно действует или периодически возникает производственный фактор, опасный для жизни и здоровья людей. Опасная зона может появиться вокруг движущихся, вращающихся элементов, вблизи грузов, перемещаемых подъемно-транспортными машинами. Наличие опасной зоны может быть связано с опасностью поражения электрическим током, с отравлением ядовитыми веществами, возникновением пожаров и так далее. При выборе средств защиты и безопасного места людей при выполнении машинами различных технологических операций наиболее важным условием является установление границ (размеров) опасной зоны. Повышение уровня безопасности осуществляется путем совершенствования машин, оборудования, объектов, технологических процессов уже на стадии их проектирования и подготовки высококвалифицированного обслуживающего персонала». [21]

На токарном станке с ЧПУ модели SAMAT-400XC (рисунок 9) выполняется токарная чистовая операция.



Рисунок 9 – Токарный станок с ЧПУ модели 16B20TM

Оператор токарного станка устанавливает заготовку в приспособление, закрывает защитный экран на станке, чтоб образующаяся стружка не повредила ткани и глаза оператора. Затем оператор включает станок для обработки и тот выполняет обработку по заранее заданной программе ЧПУ.

На горизонтально-протяжном станке модели 7523 (рисунок 10) выполняется операция протягивания внутреннего отверстия. Оператор протяжного станка, также как и оператор токарного станка, устанавливает в приспособление заготовку, закрывает защитный экран на станке, чтоб образующаяся стружка не повредила ткани и глаза оператора. Затем оператор включает станок для обработки и тот выполняет обработку отверстия.

Во время проведения обработки оператор станка обязан лишь следить за происходящим, чтоб не было никаких сбоев. При возникновении каких-либо технических отклонений оператор должен отключить работу станка.



Рисунок 10 - Горизонтально-протяжной станок модели 7523

Следующим опасным и вредным производственным фактором является испарение смазочно-охлаждающей жидкости.

Зона обработки на горизонтально-протяжном станке модели 7523 является открытой, поэтому брызги СОЖ могут загрязнять экологическую ситуацию на рабочем месте.

Для установки заготовки на токарной чистовой операции 015 нами в работе спроектирован трехкулачковый самоцентрирующий патрон, имеющий пневмопривод. Оператору, вставив заготовку в это приспособление, необходимо лишь нажать на кнопку для включения пневмопривода приспособления, чтобы запустить пневматическую систему на зажим. За счет механизации этого приспособления работа оператора токарного станка модели SAMAT-400XC стала более легкой, снимается возможность возникновения опасных производственных факторов, связанных с необходимостью механического зажима заготовки в приспособлении. Это мероприятие делает работу оператора станка более безопасной и уменьшает вспомогательное операционное время, что снижает производственные затраты.

«Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества». [21]

В процессе обработке заготовок на металлорежущих станках, включая токарный станок с ЧПУ модели SAMAT-400XC и горизонтально-протяжной станок модели 7523, возникают продукты отхода в виде металлической стружки. [7]

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

«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения опасного или вредного производственного фактора выбираются с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов, в зависимости от типа реализуемого технологического процесса, используемого состава производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, применяемых технических средств». [3]

После завершения механической обработки партии заготовок необходимо проводить влажную уборку производственного помещения.

Металлическую стружку, образующуюся в накопителе станка, необходимо удалять из зоны обработки. Это касается и токарного станка и горизонтально-протяжного. Данную работу делает оператор станка. При этом может возникнуть опасность поражения тканей кожного покрова оператора стружкой. Поэтому для удаления из зоны резания металлической стружки оператор должен использовать специальное приспособление - крючок.

Для централизованного сбора металлической стружки на машиностроительных предприятиях используют специальные контейнеры. По мере заполняемости этих контейнеров специальные службы увозят

собранную металлическую стружку для утилизации и переработки для изготовления новых деталей.

Для минимизации возможного воздействия электрического тока на операторов станков необходимо, чтобы у каждого металлообрабатывающего оборудования было заземление. Это снизит вероятность образования статического электричества. Также у каждого оператора станка под ногами должен быть резиновый диэлектрический коврик ГОСТ 4997-75 [10].

Для снижения влияния паров СОЖ на оператора станка в производственном цехе на участке должна быть организована вентиляция. Данные требования регулируются ГОСТ Р ЕН 13779-2007 [14].

СОЖ после подачи в зону обработки должна отводиться по специальным каналам, далее очищаться от загрязнений и использоваться заново для охлаждения зоны обработки. [14]

#### **5.4 Обеспечение пожарной безопасности**

«Пожары и взрывы представляют собой сложные физико-химические процессы, которые генерируют широкий спектр опасных и вредных производственных факторов. К ним относятся пламя, высокая температура поверхностей и воздуха, ядовитые газы, дым, излучение, взрывы, обрушения горящих зданий, падающие предметы и другие». [21]

«Пожарная безопасность решает 4 задачи, непосредственно связанные с профилактикой и тушением пожаров: предупреждение пожаров, локализация пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожаров». [12]

«Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов служат исходными данными для определения категории производства и разработки систем обеспечения пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-85 [5] и ГОСТ 12.1.010-76 [6]». [21]

«Одним из основных показателей пожаробезопасности, применяемых при классификации способности к горению веществ и материалов, является группа горючести». [21]

При производстве партии цанг для цанговых патронов на токарном станке с ЧПУ модели SAMAT-40XC и горизонтально-протяжном станке модели 7523 используется смазочно-охлаждающая жидкость EFELE CF-624, которая является масляной жидкостью, изготовленная из нефтепродуктов. Она в процессе использования может воспламениться, что в конечном итоге может привести к образованию пожара.

Это относится к классу пожара В: пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов.

Если по каким-то причинам возник пожар оператору станка необходимо выключить работу станка, при этом выключится поступление горючей жидкости в зону воспламенения. Для предотвращения возгорания рекомендуется использовать переносные огнетушители ГОСТ Р 51057-2001 [13] или пожарные напорные рукава ГОСТ Р 51049-2019 [7]. При этом из сопла под напором будет подаваться пена. Необходимо направить этот поток в очаг возгорания, при этом кислород перестанет поступать в зону горения и пожар прекратится.

## **5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

В процессе обработки возникают отходы в виде металлической стружки. Данные отходы производства необходимо правильно утилизировать. На предприятиях машиностроения стружку принято собирать в контейнеры, а затем эту стружку перемещают на специальные участки, где подвергают прессованию и переплавке для изготовления новых заготовительных материалов. В эту же партию утилизации могут войти те заготовки, которые были ошибочно выполнены с неисправимым браком. Заготовки с исправимым браком исправляются и контролируются заново.

Эти мероприятия осуществляются с одной стороны для улучшения экологической ситуации на рабочем месте, а с другой стороны для экономии ресурсов, в частности для экономии металла – ценной конструкционной углеродистой стали 20.

Негативным экологическим фактором при работе на станках с ЧПУ, использующими СОЖ, является загрязнение рабочего места оператора парами смазочно-охлаждающей жидкости. Для снижения воздействия этих паров на дыхательную систему оператора станка необходимо правильная организация на рабочем месте системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

В этом разделе нами проанализированы модернизированные операции чистового точения и фрезерования заготовки для изготовления полумуфты, которые осуществляются на токарном станке с ЧПУ модели SAMAT-400XC и на горизонтально-протяжном станке модели 7523. При этом возникают опасные и вредные производственные факторы, которые нами были описаны в разделе. Для снижения воздействия этих факторов на организм операторов станков, а также на экологическую ситуацию на рабочем месте и в цехе нами предложены мероприятия, которые уменьшат воздействие таких факторов и приведут к улучшению экологической ситуации на рабочем месте в частности и на предприятии в целом.

Также в данном разделе проанализирована пожарная ситуация на рабочем месте операторов станков, определен класс возможного пожара и предложен перечень противопожарного оборудования, которым необходимо обеспечить рабочее место.

## 6 Экономическая эффективность

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления полумуфты зубофрезерного станка. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 11).

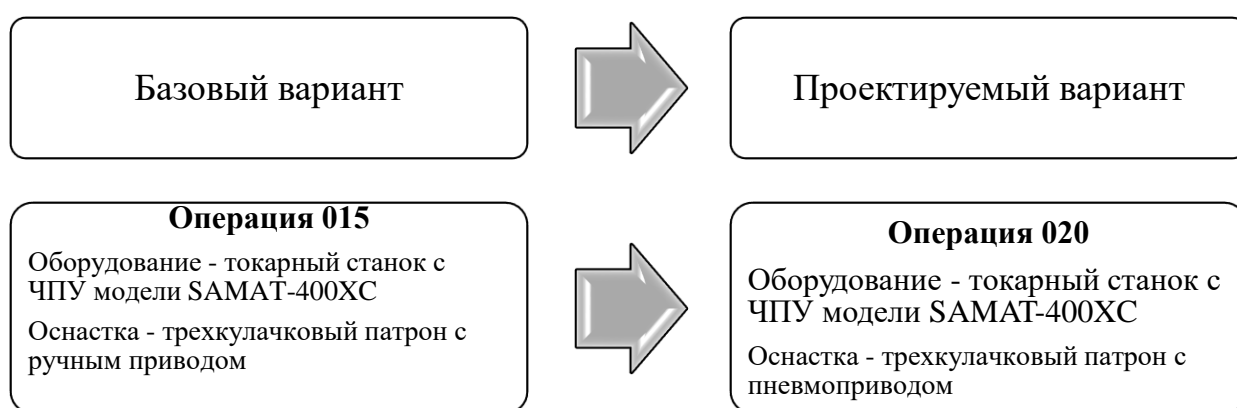


Рисунок 11 – Краткое описание внесенных в технологический процесс изменений

Как видно из рисунка 11, благодаря внесенным изменениям удалось достичь сокращения операционного времени, а следовательно уменьшения трудоемкости их выполнения. В совокупности, все изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 0,55 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 12.



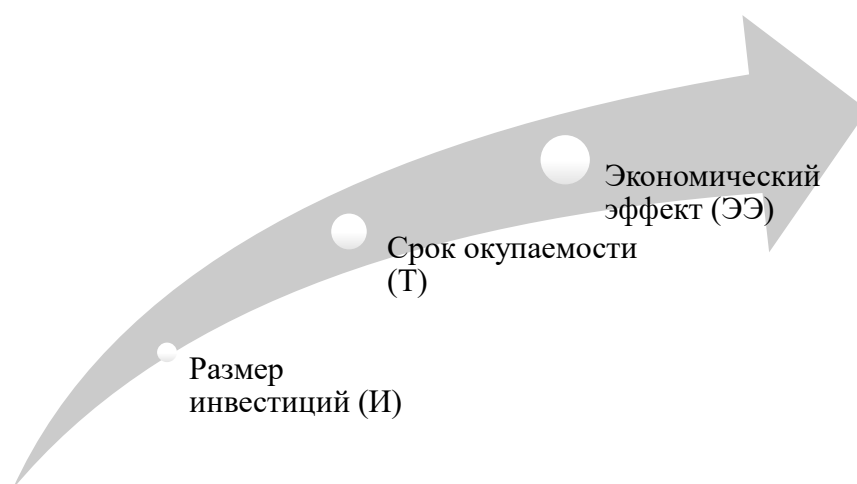


Рисунок 12 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

Как видно из рисунка 12, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [18], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 13.

Как видно из рисунка 13, весомую долю в инвестициях занимают «оснастка и инструмент ( $K_{OI}$ )», которые составляют 67,06 % от размера всех инвестиций. Кроме затрат на проектирование, предприятию необходимо будет осуществить существенные финансовые вложения в такую статью затрат, как «затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций составит 24,99 %, а это обосновывается необходимостью проектирования технологических операций с учетом использованию нового технологического оснащения. Все остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают.

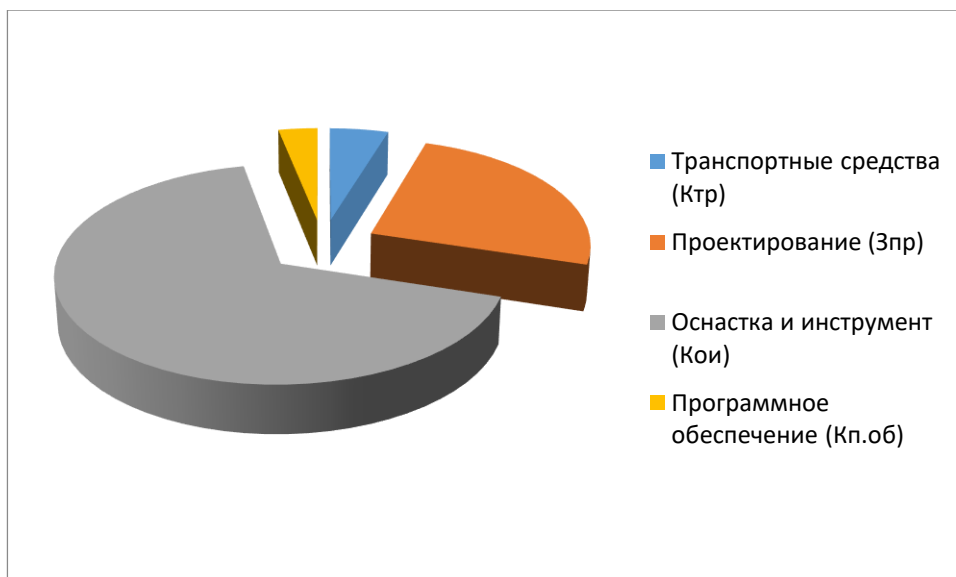


Рисунок 13 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле

$$T = \frac{I}{\Pi_{\text{ЧИСТ}}} + 1 \quad (42)$$

где « $\Pi_{\text{ЧИСТ}}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [18]

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 140,27$  руб. и  $C_2 = 112,36$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $\Pi_{\Gamma} = 5000$  шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [18] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (42) можно представить в развернутом формате в виде

$$T = \frac{I}{(C_1 - C_2) \cdot \Pi_{\Gamma} \cdot (1 - K_{\text{НАЛ}})} + 1 \quad (43)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [18]

$$T = \frac{58345,41}{(140,27 - 112,36) \cdot 5000 \cdot (1 - 0,2)} + 1 = 1,523 = 2 \text{ года}$$

Экономический эффект определяется по формуле (44), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T P_{\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I \quad (44)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли, в пределах принятого горизонта расчета»

[18]

$$\text{ЭЭ} = \left( 40535 \cdot \left( \frac{1}{(1 + 0,2)^1} + \frac{1}{(1 + 0,2)^2} \right) \right) - 58345,41 = 3583,06$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 3583,06 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

## Заключение

В результате проделанной работы нами спроектирован технологический процесс изготовления полумуфты.

На первом этапе работы нами описана конструкция муфты в целом и работа полумуфты в узле, выполнена классификация поверхностей полумуфты и обозначены наиболее важные поверхности. Далее рассмотрен материал, из которого изготовлена полумуфта, проведен анализ физико-механических свойств материала, а также рассмотрен вопрос технологичности конструкции полумуфты.

В технологической части работы выбран тип машиностроительного производства для изготовления полумуфты им оказалось среднесерийное производство и описаны особенности данного типа производства. Из двух наиболее подходящих типов заготовительного производства с помощью технико-экономического расчета принята штамповка. На самую точную поверхность 9 полумуфты выполнен расчет припусков. Далее спроектирован технологический процесс изготовления полумуфты и рассчитаны режимы резания на некоторые операции.

Для закрепления заготовки на токарной чистовой операции нами спроектирован патрон трехкулачковый. В отличие от патрона из базового варианта техпроцесса данное приспособление имеет пневматический привод, при помощи которого происходит автоматизированный зажим и разжим заготовки на операции. Данное мероприятие снижает вспомогательное время токарной операции, а это экономически выгодно.

Для протяжной операции техпроцесса изготовления полумуфты спроектирован сложнопрофильный режущий инструмент, которым является протяжка круглая. Это специальный инструмент, который проектируется для каждой детали при применении протяжной операции.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Богодухов С.И. Технологические процессы в машиностроении : учебник для вузов / С.И. Богодухов, Р.М. Сулейманов, А.Д. Проскурин; под общ. ред. С.И. Богодухова. – М. : Инновационное машиностроение, 2021. – 640 с.
2. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков : учеб. пособие / А.Ф. Бойко, А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, М.Н. Воронкова. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 264 с.
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с.
4. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – 36 с.
5. ГОСТ 12.1.004-85. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. – 83 с.
6. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. – 5 с.
7. ГОСТ 12.3.025-80. Система стандартов безопасности труда. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – 15 с.
8. ГОСТ 20761-96. Муфты фланцевые. Параметры, конструкция и размеры. – 24 с.
9. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – 10 с.
10. ГОСТ 4997-75. Ковры диэлектрические резиновые. Технические условия. – 19 с.
11. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 36 с.

12. ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 23 с.
13. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – 32 с.
14. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. – 82 с.
15. Кишуров В.М. Назначение рациональных режимов при механической обработке : учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н.В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 216 с.
16. Козлов А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» / А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 152 с.
17. Козловский С.Н. Введение в сварочные технологии : учебное пособие. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 416 с.
18. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 184 с.
19. Кудряшов Е.А. Приспособления для производства изделий машиностроения : учебник для вузов / Е.А. Кудряшов, И.М. Смирнов, Е.И. Яцун ; под ред. Е.А. Кудряшова. – М. : Инновационное машиностроение, 2018. – 220 с.
20. Петухов С.В. Справочник мастера машиностроительного производства : учебное пособие / С.В. Петухов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 352 с.
21. Попов А.А. Производственная безопасность : учебное пособие / под. общ. ред. А.А. Попова. – 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 432 с.

22. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гадалевич и др. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.
23. Резников Л.А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента : электронное учебное пособие / Л.А. Резников. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 207 с.
24. Романенко А.М. Режущий инструмент : учебное пособие / А.М.Романенко. – Кемерово : КузГТУ, 2012. – 102 с.
25. Руднев С.Г. Муфты. Конструкция и расчет : учебное пособие для вузов / С.Г. Руднев, В.М. Погосян, А.Л. Мечкало. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 108 с.
26. Самойлова Л.Н. Технологические процессы в машиностроении. Лабораторный практикум : Учебное пособие / Л.Н. Самойлова, Г.Ю. Юрьева, А.В. Гирн. – 3-е изд., стер. - СПб. : Издательство «Лань», 2022. – 156 с.
27. Семакина О.К. Технология химического машиностроения : учебное пособие / О.К. Семакина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 144 с.
28. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / под ред. А.С. Васильева, А.А. Кутина. 7-е изд. испр. – М. : Инновационное машиностроение, 2023. – 756 с.
29. Шишкин В. П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 288 с.
30. Ямников А.С. Расчет припусков и проектирование заготовок : учебник для вузов / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков ; под. ред. А.С. Ямникова. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 328 с.









