

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления корпуса полумуфты

Обучающийся

Е.И. Кравец

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Выпускная квалификационная работа рассматривает вопросы, направленные на решение задач проектирования технологического процесса изготовления корпуса полумуфты. Цель работы заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления. Достижение данной цели обеспечивается путем реализации следующих мероприятий. В первую очередь производится анализ имеющихся исходных данных, таких как, назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства. По результатам данного анализа формулируются задачи работы, решение которых позволяет достигнуть поставленной цели. Далее разрабатывается технология изготовления детали. Для этого решаются следующие задачи. Производится выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. Разрабатывается план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства. Выбираются средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии. Рассчитываются операции технологического процесса исходя из требуемой точности определения режимов резания и применяемых средств технологического оснащения техпроцесса. Затем решаются задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические показатели. В заключительной части работы выполняется анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определяются показатели ее экономической эффективности.

Работа состоит из 64 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

Содержание

Введение.....	4
1 Результаты анализа исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия эксплуатации детали	5
1.2 Технологичность детали.....	6
1.3 Характеристики типа производства	8
1.4 Основные задачи работы	10
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Выбор и проектирование заготовки	12
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор средств технологического оснащения	22
2.4 Расчет операций технологического процесса	25
3 Расчет и проектирование специальных средств оснащения	29
3.1 Расчет и проектирование цанговой оправки	29
3.2 Расчет и проектирование контурного резца.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	42
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	43
5 Экономическая эффективность работы	45
Заключение	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	62

Введение

Дисковые фрикционные муфты применяются для соединения валов кинематической цепи и передачи крутящего момента в различных механизмах. Данный тип муфт позволяет производить включение и выключение звеньев кинематической цепи без остановки механизма. Кроме основного назначения данные муфты также обеспечивают выполнение функции предохранения от перегрузок, так как при возникновении нагрузок превышающих расчетные происходит проскальзывание фрикционных элементов относительно друг друга и кинематическая цепь разрывается без повреждения исполнительных механизмов машины. Данный тип муфт обладает рядом преимуществ по сравнению с муфтами других типов. Основные из них: большие величины передаваемого крутящего момента, высокий коэффициент полезного действия, высокая надежность и незначительные габариты. Данные характеристики достигаются благодаря применению достаточно сложных конструктивных элементов, а также высоким требованиям к точности их изготовления. Базовым элементом фрикционной муфты является ее корпус, рассматриваемый в данной работе, в который устанавливаются все исполнительные элементы и механизмы. Требования, предъявляемые к корпусу, необходимо выполнить в процессе изготовления данной детали, так как они обеспечивают непосредственно работоспособность всей муфты. Немаловажным фактором в процессе изготовления является обеспечение минимальных затрат на изготовление, что объясняется высокой конкуренцией в данной области машиностроения. Также следует учитывать и особенности типа производства.

Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления корпуса полумуфты, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления.

1 Результаты анализа исходных данных

1.1 Назначение и условия эксплуатации детали

Основным функциональным назначением корпуса фрикционной муфты является установка в нем исполнительных узлов и механизмов, обеспечивающих плавное включение и выключение передачи крутящего момента между валами кинематической цепи. Корпус входит в конструкцию фрикционной муфты и устанавливается на ведущий вал по внутренней отверстию и торцу. Фрикционные диски устанавливаются в пазы, которые и передают крутящий момент. В паз, выполненный с противоположной стороны, устанавливается шестерня на шпонке.

Эксплуатационные нагрузки, оказывающие влияние на деталь, зависят от множества разнообразных факторов. В первую очередь это величина передаваемого крутящего момента, так как момент передается незначительными по площади рабочими поверхностями, которые и будут подвергаться наибольшему износу. Немаловажным фактором является и характер внешних нагрузок, которые зависят от служебного назначения машины или механизма, в составе которого работает муфта. В ряде случаев возможно возникновение дополнительных ударных и вибрационных нагрузок, что приведет к ускоренному износу, как рабочих поверхностей, так и посадочных поверхностей.

Негативное влияние также оказывает рабочая среда, что обусловлено использованием в ходе эксплуатации машин и механизмов различных химически активных жидкостей в основном для системы смазки оборудования и охлаждения. В процессе эксплуатации неизбежно попадание данных жидкостей на поверхности корпуса, что приведет к их ускоренному износу.

Еще одним фактором, оказывающим влияние на работоспособность детали и всего механизма, является наличие в производстве стружки и

других механических частиц. Их попадание на рабочие поверхности корпуса может привести к быстрому выходу из строя всего узла и возникновению аварийных ситуаций.

Другим важным фактором является температурный режим работы корпуса. Это объясняется физическими принципами передачи крутящего момента трением. При повышении температуры, как окружающей среды, так и фрикционных вследствие проскальзывания от перегрузок, резко возрастет износ рабочей поверхности, а в некоторых случаях может произойти ее разрушение.

Из этого следует, что деталь является ответственной и строгое выполнение всех требований конструкторского чертежа в данном случае является обязательным требованием при проектировании технологии изготовления.

1.2 Технологичность детали

Технологичность детали оценивается исходя из свойств материала детали и ее конструктивных особенностей [3].

Корпус изготавливается из стали 40ХГНМ ГОСТ 4543–71, которая имеет следующий химический состав: «углерода 0,37–0,43%, хрома 0,6–0,9%, марганца 0,5–0,8%, никеля 0,7–1,1%, молибдена 0,15–0,25%, серы 0,035%, фосфора 0,035%, кремния 0,17–0,37%» [25]. «Механические характеристики из стали 40ХГНМ ГОСТ 4543–71: предел текучести 835 МПа, предел прочности 980 МПа, относительное удлинение 12%, относительное сужение 50%, твердость по шкале Бринелля 210 единиц» [25].

Приведенный химический состав и физико-механические свойства стали позволяют сделать следующие выводы.

Заготовку для получения детали можно получить методами пластического деформирования. Данные методы не являются дешевыми, но при этом позволяют минимизировать припуски на обработку и приблизить

форму заготовки к готовой детали, что позволяет обеспечить минимальные напуски.

Коэффициенты обрабатываемости твердосплавным и быстрорежущим инструментами составят 0,8 и 1,0 соответственно. Данные значения являются хорошим показателем для легированной стали и указывают на возможность обеспечения хорошей производительности механической обработки.

Термическая обработка стали включает закалку и отпуск, что обеспечивает твердость поверхности до 60 единиц по шкале Роквелла. Это обеспечивает хорошие эксплуатационные свойства детали. Технология закалки и отпуска для данной стали не требуют создания каких-либо специальных условий, что существенно удешевляет данные технологические процессы.

Как видно из проведенного анализа свойств материала детали, он обладает хорошими показателями технологичности.

Конструктивно деталь можно отнести к типовым деталям класса полых тел вращения. Однако в конструкции имеется ряд особенностей.

Во-первых, контур детали достаточно сложный и состоит из большого количества простейших цилиндрических и плоских поверхностей.

Во-вторых, размеры поверхностей детали их точность соответствуют нормальному ряду чисел. Для проведения более детального анализа точности поверхностей детали необходимо произвести их классификацию и выявить наиболее ответственные [8].

На рисунке 1 приведен эскиз детали и нумерация ее поверхностей.

Приведем полученную классификацию поверхностей. «Основные конструкторские базы 10, 23; вспомогательные конструкторские базы 2, 6, 11, 14, 15, 16, 18, 24, 25; исполнительные поверхности 6, 20, свободные поверхности все оставшиеся» [8].

Проанализировав полученные данные по конструкции детали, делаем следующие выводы. В конструкции детали имеется большое количество точных, ответственных поверхностей, что требует применения большого

объема механической обработки и точных методов обработки для их получения. При этом технология изготовления может быть построена на базе типовых технологических процессов, что не потребует применения специальных средств технологического оснащения. Также это позволит применить для базирования заготовок стандартные схемы базирования и обеспечить соблюдение основных принципов базирования, снизив тем самым погрешность обработки. Реализация схем базирования не вызовет затруднений, так как деталь имеет большое количество удобных с этой точки зрения как наружных так и внутренних поверхностей.

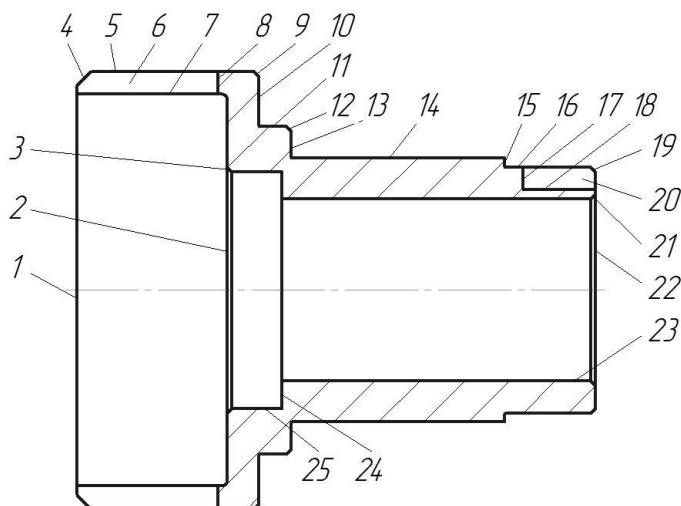


Рисунок 1 – Эскиз корпуса

Из проведенного анализа конструктивных особенностей детали следует признать ее технологичной.

1.3 Характеристики типа производства

Определение характеристик производства основано на знании его типа. Решение данной задачи возможно путем применения двух подходов. Первый заключается в определении типа производства по значению коэффициента закрепления операций. Второй заключается в определении типа производства

по значению годовой программы выпуска и массы детали. Первый подход позволяет точно определить тип производства, но при этом требует знания всей номенклатуры производства и состава производственного оборудования. Исходя из имеющихся исходных данных, этот подход в нашем случае не применим. Поэтому для определения типа производства воспользуемся вторым подходом. Следует заметить, что данный подход имеет достаточную точность для стадии проектирования, однако требует проверки при внедрении спроектированной технологии в производство.

Заданием годовая программа выпуска определена в размере 6000 штук в год, масса детали по чертежу составляет 1,28 кг. Исходя из этих данных тип производства среднесерийный [10].

Проведем анализ характеристик данного типа производства [10].

Технологический процесс выстраивается в соответствии с групповой формой организации. В случае значительного подобия деталей группы допускается переменнo–поточная форма организации. При этом выпуск изделий производится периодически повторяющимися партиями на заранее настроенном оборудовании, что обеспечивает требуемую производительность.

Метод получения заготовки определяется технологическими возможностями производства и свойствами материала. В данном случае лучше всего подходят методы пластического деформирования. Прежде всего, штамповки. В ходе проектирования заготовки для расчета припусков на обработку используются расчетно-аналитический метод для ответственных поверхностей и статистический для всех остальных.

Проектирование технологии изготовления производится на основании типовых технологических процессов, что обеспечивает необходимую скорость проектирования и качество проработки. Следует учитывать, что размерная точность обеспечивается путем настройки оборудования на заданные размеры с применением средств активного контроля.

Проектирование технологических операций производится с соблюдением основных принципов базирования. Расчет режимов выполнения технологических операций и их нормирование выполняются с применением статистических и расчетно-аналитических методов.

В качестве средств оснащения технологического процесса используется универсальное и оснащенное системами числового программного управления оборудование, универсальные станочные приспособления, а также стандартизированный режущий инструмент и средства контроля.

Результаты проектирования технологии изготовления оформляются в виде маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов в соответствии с требованиями стандартов технологического проектирования.

1.4 Основные задачи работы

Результаты анализа исходных данных и цели работы, сформулированной во введении, позволяют сделать вывод о том, что для достижения данной цели необходимо разработать ряд мероприятий.

Проектирование технологии изготовления детали предусматривает решение следующих задач.

Во-первых, производится выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. При этом следует учесть результаты проведения анализа технологичности материала детали и характеристики типа производства.

Далее разрабатывается план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства на основе анализа типовых технологических процессов.

Затем выбираются средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии, а также характеристик типа производства и конструктивных особенностей детали.

В заключении необходимо выполнить размерную настройку операций технологического процесса путем определения режимов выполнения операций и их нормирования. При этом следует учесть требуемую точность определения режимов резания и применяемые средства технологического оснащения техпроцесса.

На следующем этапе необходимо решить задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические и экономические показатели.

В заключении необходимо выполнить анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определить показатели ее экономической эффективности.

В данном разделе проведен анализ назначения, условий работы и технологичности детали, определены характеристики типа производства. На основе полученных результатов сформулированы задачи работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Выбор и проектирование заготовки

Метод получения заготовки определяется технологическими возможностями производства и свойствами материала. В ходе выполнения анализа материала детали на технологичность и определения характеристик типа производства было установлено, что в данном случае лучше всего подходят методы пластического деформирования. Прежде всего, штамповки. Данные методы не являются дешевыми, но при этом позволяют минимизировать припуски на обработку и приблизить форму заготовки к готовой детали, что позволяет обеспечить минимальные напуски. Анализ соответствующей литературы позволяет сделать вывод о том, что заготовку рассматриваемой детали целесообразно получать штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе или на горизонтально-ковочной машине [6].

«Выбор одного из данных вариантов производим путем сравнения их экономической эффективности, показателем которой являются общие затраты, рассчитанные по формуле:

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

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

Q – масса заготовки, кг;

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

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб» [6].

«Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

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

где i – индекс метода получения заготовки;

C_6 – базовая стоимость получения заготовки рассматриваемым методом, руб.;

h_T – коэффициент точности метода;

h_C – коэффициент сложности метода;

h_B – коэффициент массы заготовки;

h_M – коэффициент марки материала;

h_{II} – коэффициент программы выпуска» [6].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе, 2 заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [6].

$$C_{ЗАГ\ 1} = 27,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 = 23,49 \text{ р.}$$

$$C_{ЗАГ\ 2} = 27,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 = 24,67 \text{ р.}$$

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

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

где K_P – коэффициент метода получения и формы заготовки» [6].

$$Q_1 = 1,28 \cdot 2,4 = 3,02 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 1,28 \cdot 2,2 = 2,82 \text{ кг.}$$

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

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

где C_C – приведенные затраты, руб.;

C_K – приведенные капитальные вложения, руб.;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений» [6].

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

Рассчитываем общие затраты.

$$C_{T1} = 23,49 \cdot 3,02 + 4,6 \cdot (3,02 - 1,28) - 1,4 \cdot (3,02 - 1,28) = 76,51 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 24,67 \cdot 2,82 + 6,04 \cdot (2,82 - 1,28) - 1,4 \cdot (2,82 - 1,28) = 77,53 \text{ р.}$$

Как видно из приведенных выше расчетов, в случае получения заготовки на горизонтально–ковочной машине экономическая эффективность изготовления выше, что определяет выбор данного метода получения заготовки.

Проектирование заготовки заключается в определении ее контура с учетом необходимых припусков на обработку, напусков, учитывающих особенности технологии производства заготовки и технических требований к заготовке.

Задача определения припусков на обработку решается на основе маршрута обработки поверхности. Разработаем соответствующие маршруты обработки поверхностей. При этом необходимо учесть, что маршрут обработки поверхности зависит от ее формы, требуемой точности обработки, требуемых характеристик качества поверхностного слоя. Маршруты обработки формируем согласно рекомендациям [3], [23]. Результаты определения маршрутов обработки оформим в виде таблицы 1 для удобства дальнейшего их использования.

Таблица 1 – Последовательности методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость Ra , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
1	плоская	12	2,5	«Т-ТЧ-ТО-Ш» [3]
2	плоская	12	2,5	«Т-ТЧ-ТО-Ш» [3]
3	коническая	12	12,5	«ТЧ-ТО» [3]
4	коническая	12	12,5	«ТЧ-ТО» [3]
5	цилиндрическая	12	12,5	«Т-ТО» [3]
6	плоская	10	6,3	«Ф-ТО» [3]
7	цилиндрическая	12	12,5	«Т-ТО» [3]
8	плоская	12	12,5	«Ф-ТО» [3]
9	коническая	12	12,5	«ТЧ-ТО» [3]
10	плоская	12	1,25	«Т-ТЧ-ТО-Ш-ШЧ» [3]
11	цилиндрическая	6	0,63	«Т-ТЧ-ТО-Ш-ШЧ» [3]

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость Ra , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
12	коническая	12	12,5	«тч-то» [3]
13	плоская	12	12,5	«т-то» [3]
14	цилиндрическая	8	2,5	«т-тч-то-ш» [3]
15	плоская	12	2,5	«т-тч-то-ш-шч» [3]
16	цилиндрическая	7	1,25	«т-тч-то-ш-шч» [3]
17	плоская	12	6,3	«ф-то» [3]
18	плоская	12	6,3	«ф-то» [3]
19	коническая	12	12,5	«тч-то» [3]
20	плоская	9	3,2	«ф-то» [3]
21	коническая	12	12,5	«тч-то» [3]
22	плоская	12	2,5	«т-тч-то-ш» [3]
23	цилиндрическая	8	2,5	«т-тч-то-ш» [3]
24	плоская	12	2,5	«т-тч-то-ш-шч» [3]
25	цилиндрическая	7	1,25	«т-тч-то-ш-шч» [3]

«Сокращения в таблице 1: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – шлифование черновое; шч – шлифование чистовое; ф – фрезерование» [3].

Далее, зная маршруты обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку. При этом следует учесть результаты анализа исходных данных и характеристики типа производства. Согласно им в ходе проектирования заготовки для расчета припусков на обработку используются расчетно-аналитический метод для ответственных поверхностей и статистический для всех остальных.

Следовательно, для определения припусков на обработку отверстия диаметром 72 мм с точностью выполнения размера $js6(\pm 0,0095)$ мм, расчет производим с применением расчетно-аналитического метода [19].

«Минимальный припуск для каждого перехода рассчитывается по формуле:

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

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

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

«Величина дефектного слоя рассчитывается по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (6)$$

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

h – глубина дефектного слоя образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [19].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (7)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [19].

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,438 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167 \text{ мм} \text{» [19].}$$

«Определение максимальных припусков производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (8)$$

где Td_i – допуска на выполнение размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [19].

$$\begin{aligned} \ll z_{1 \max} &= z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (1,2 + 0,30) = \\ &= 1,351 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 \max} &= z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,438 + 0,5 \cdot (0,30 + 0,12) = \\ &= 0,648 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,046) = \\ &= 0,385 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,167 + 0,5 \cdot (0,046 + 0,019) = \\ &= 0,200 \text{ мм} \gg [19]. \end{aligned}$$

«Определение средних припусков производится по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9) \gg [19]$$

$$\ll z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,351 + 0,601) = 0,976 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,648 + 0,438) = 0,543 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,385 + 0,282) = 0,334 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,200 + 0,167) = 0,184 \text{ мм} \gg [19].$$

«Минимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10) \gg [19]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1) \min} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [19]$$

«Максимальный операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (12) \gg [19]$$

«Средний операционный размер рассчитывается по формуле:

$$d_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i \text{ max}} + d_{i \text{ min}}). \quad (13) \gg [19]$$

$$\ll d_{4 \text{ min}} = 71,9905 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ max}} = 72,0095 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{4 \text{ max}} + d_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (72,0095 + 71,9905) = 72,000 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{4 \text{ min}} + 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 71,9905 + 2 \cdot 0,167 = 72,3245 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ max}} = d_{3 \text{ min}} + Td_3 = 72,3245 + 0,046 = 72,3705 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{3 \text{ max}} + d_{3 \text{ min}}) = 0,5(72,3705 + 72,3245) = 72,3475 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO min}} = d_{3 \text{ min}} + 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 72,3245 + 2 \cdot 0,282 = 72,8885 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO max}} = d_{\text{TO min}} + Td_{\text{TO}} = 72,8885 + 0,160 = 73,0485 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{TO max}} + d_{\text{TO min}}) = 0,5 \cdot (73,0485 + 72,8885) = \\ = 72,9685 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ min}} = d_{\text{TO min}} \cdot 0,999 = 73,0485 \cdot 0,999 = 72,9889 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ max}} = d_{2 \text{ min}} + Td_2 = 72,9889 + 0,120 = 73,1125 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{2 \text{ max}} + d_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (73,1125 + 72,9889) = 72,9985 \text{ мм}$$

$$d_{1 \text{ min}} = d_{2 \text{ min}} + 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 72,9889 + 2 \cdot 0,438 = 73,8685 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ max}} = d_{1 \text{ min}} + Td_1 = 73,8685 + 0,300 = 74,1685 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{1 \text{ max}} + d_{1 \text{ min}}) = 0,5(74,1685 + 72,9985) = 74,0185 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ min}} = d_{1 \text{ min}} + 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 73,8685 + 2 \cdot 0,601 = 75,0705 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ max}} = d_{0 \text{ min}} + Td_0 = 75,0705 + 1,200 = 76,2705 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{0 \text{ max}} + d_{0 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (76,2705 + 75,0705) = \\ = 75,6705 \text{ мм} \gg [19].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0 \text{ min}} - d_{4 \text{ max}}. \quad (14) \gg [19]$$

$$2z_{\text{min}} = 75,0705 - 72,0095 = 3,061 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (15)» [19]$$

$$2z_{max} = 3,061 + 1,2 + 0,019 = 4,28 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (16)» [19]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,061 + 4,28) = 3,671 \text{ мм.}$$

Припуски на обработку остальных поверхностей, как отмечалось ранее, определяем с использованием статистического метода, с применением методики и справочных данных [15], [27]. Для удобства дальнейшего использования полученных результатов представим их в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Наименование перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	точение черновое	1,8	3,2
	точение чистовое	0,8	1,02
	шлифование черновое	0,4	0,54
2	точение черновое	1,8	3,075
	точение чистовое	0,8	1,045
	шлифование черновое	0,4	0,54
5	точение черновое	1,15	2,575
7	точение черновое	1,0	2,275
10	точение черновое	1,8	3,025
	точение чистовое	0,8	0,975
	шлифование черновое	0,4	0,5
	шлифование чистовое	0,1	0,2
13	точение черновое	1,8	3,025
15	точение черновое	1,8	3,2
	точение чистовое	0,8	1,02
	шлифование черновое	0,4	0,54
	шлифование чистовое	0,1	0,24
16	точение черновое	1,0	2,25

Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	Наименование перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
16	точение чистовое	0,15	0,36
	шлифование	0,125	0,208
	шлифование чистовое	0,03	0,068
22	точение черновое	1,8	3,2
	точение чистовое	0,8	1,02
	шлифование черновое	0,4	0,54
23	точение черновое	0,9	2,025
	точение чистовое	0,6	0,775
	шлифование черновое	0,4	0,4695
24	точение черновое	1,8	3,05
	точение чистовое	0,8	1,01
	шлифование черновое	0,4	0,52
	шлифование чистовое	0,1	0,22
25	точение черновое	0,9	2,15
	точение чистовое	0,7	0,91
	шлифование	0,5	0,628
	шлифование чистовое	0,1	0,146

Проектирование заготовки включает в себя определение ее технических характеристик, таких как группа стали, степень сложности, и класс точности. Исходя из данных характеристик, определяется исходный индекс, по которому определяются начальные допуски. Также по данным характеристикам с учетом геометрических особенностей заготовки определяются напуски, которые включают в себя штамповочные уклоны, радиусы закруглений, допустимые величины остаточного облоя, отклонения от concentричности и от плоскостности поверхностей заготовки. Для этого используется соответствующий стандарт [5]. Конкретные значения полученных характеристик приведены на листе графической части работы.

После определения характеристик заготовки формируется ее контур путем прибавления к контуру детали соответствующих припусков и напусков. Полученная заготовка приведена на листе графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

План изготовления детали формируется на основе маршрута ее изготовления. Формирование маршрута обработки детали производится путем объединения однотипных методов обработки поверхностей, приведенных в таблице 1, в одну технологическую операцию с учетом взаимного расположения данных поверхностей [11].

В ходе определения типа производства было установлено, что проектирование технологии изготовления производится на основании типовых технологических маршрутов, что обеспечивает необходимую скорость проектирования и качество проработки. За типовые примем маршруты, приведенные в литературе [12]. Полученный маршрут обработки представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрута обработки детали

Наименование операции	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005 Токарная	точить	10, 11, 13, 14, 15, 16, 22, 23
010 Токарная	точить	1, 2, 4, 5, 7
015 Токарная	точить	9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23
020 Токарная	точить	1, 2, 3, 24, 25
025 Фрезерная	фрезеровать	17, 18, 20
030 Фрезерная	фрезеровать	6, 8
035 Термическая	закалить, отпускать	все
040 Плоскошлифовальная	шлифовать	1, 22
045 Круглошлифовальная	шлифовать	10, 11, 14, 15, 16
050 Внутришлифовальная	шлифовать	2, 23, 24, 25
055 Круглошлифовальная	шлифовать	10, 11, 15, 16
060 Внутришлифовальная	шлифовать	24, 25
065 Моечная	мойка	все
070 Контрольная	контроль	все

Приведенный маршрут обработки детали позволяет сформировать план изготовления. В план изготовления также входят наименование используемого оборудования, эскизы операций технологического процесса с

операционными размерами и схемами базирования, шероховатости, достигаемые на каждой операции, допуски на получаемые размеры и отклонения формы и расположения поверхностей. Общие принципы формирования плана изготовления, а также определения допусков и отклонений приведены в литературе [14]. Результаты проектирования плана изготовления представлены на листе графической части работы, а также, приведенной в приложении А технологической документации.

2.3 Выбор средств технологического оснащения

В результате определения характеристик типа производства было установлено, что в качестве средств оснащения технологического процесса используется универсальное и оснащенное системами числового программного управления оборудование, универсальные станочные приспособления, а также стандартизированный режущий инструмент и средства контроля. При выполнении выбора средств технологического оснащения следует учитывать ряд рекомендаций. Станочное оборудование должно реализовывать необходимые методы обработки, обладать гибкостью, иметь широкий диапазон регулировок и настроек, иметь рабочую зону соответствующую обрабатываемой детали, обеспечивать необходимую производительность и минимальную стоимость обработки. Технологическая оснастка должна реализовывать принятые на операциях схемы базирования, иметь возможность быстрой переналадки, обладать высоким быстродействием, отвечать требованиям обеспечения точности выполнения операций, отвечать требованиям ремонтпригодности. Металлорежущий инструмент должен реализовывать принятые на операциях методов обработки, обладать заданной стойкостью, обеспечивать требуемую точность обработки, быть быстропереналаживаемым, обеспечивать требуемую производительность. Средства контроля должны обеспечивать требуемую точность контроля, быть универсальными, иметь возможность выдавать

информацию о результатах контроля в абсолютных величинах, обеспечивать требуемую скорость контрольных операций без снижения производительности операции при выполнении контроля исполнителем. Результаты выбора средств технологического оснащения, проведенного по данным источников [2], [17], [18], [20], [21], [22], [24], приведены ниже.

Операция 005 Токарная: станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станочное приспособление патрон ГОСТ 2675–80, металлорежущий инструмент резец контурный ГОСТ 18879–73, резец расточной ГОСТ 18879–73, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89.

Операция 010 Токарная: станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станочное приспособление патрон ГОСТ 2675–80, металлорежущий инструмент резец контурный ГОСТ 18879–73, резец расточной ГОСТ 18879–73, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89.

Операция 015 Токарная: станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станочное приспособление оправка цанговая специальная, металлорежущий инструмент резец канавочный ГОСТ 18879–73, резец расточной ГОСТ 18879–73, резец контурный специальный, средство контроля скоба индикаторная ГОСТ 11098–75.

Операция 020 Токарная: станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станочное приспособление патрон ГОСТ 2675–80, металлорежущий инструмент резец канавочный ГОСТ 18879–73, резец расточной ГОСТ 18879–73, резец контурный специальный, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, скоба индикаторная ГОСТ 11098–75.

Операция 025 Фрезерная: станок вертикально-фрезерный 6Р13, станочное приспособление оправка цанговая специальная, металлорежущий инструмент фреза концевая 16 ГОСТ 17024–82, средства контроля калибр, штангенциркуль ГОСТ 166–89.

Операция 030 Фрезерная: станок горизонтально-фрезерный 6Р82Г, станочное приспособление универсальная делительная головка УДГ–160 ГОСТ 8615–89, металлорежущий инструмент фреза дисковая трехсторонняя

ГОСТ 5348–69, средства контроля калибры, штангенциркуль ГОСТ 166–89.

Операция 035 Термическая: оборудование установка закалки токами высокой частоты.

Операция 040 Плоскошлифовальная: станок плоскошлифовальный 3Д723, станочное приспособление плита магнитная ГОСТ 16528–87, металлорежущий инструмент круг шлифовальный 1–500х40х127 23А46К5V, средства контроля скоба индикаторная ГОСТ 11098–75.

Операция 045 Круглошлифовальная: станок круглошлифовальный Palmary OCD2040, станочное приспособление оправка цанговая специальная, металлорежущий инструмент круг шлифовальный 500х40х127 23А54К7V «Kinik», средства контроля скоба индикаторная ГОСТ 11098–75.

Операция 050 Внутришлифовальная: станок внутришлифовальный 3К228Б, станочное приспособление патрон мембранный ГОСТ 16157–70, металлорежущий инструмент круг шлифовальный 11–50х32х13 23А60К7V 30м/с1А, круг 1–25х40х13 23А60К5V40м/с1А, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88.

Операция 055 Круглошлифовальная: станок круглошлифовальный Palmary OCD2040, станочное приспособление оправка цанговая специальная, металлорежущий инструмент круг 500х40х127 24А60N8V «Kinik», средства контроля скоба индикаторная ГОСТ 11098–75.

Операция 060 Внутришлифовальная: станок внутришлифовальный 3К228Б, станочное приспособление патрон мембранный ГОСТ 16157–70, металлорежущий инструмент круг 11–50х32х13 24А50К6V40м/с1А, круг 1–32х40х13 24А50К5V40м/с1А, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, скоба индикаторная ГОСТ 11098–75.

Операция 065 Моечная: оборудование моечная машина.

Операция 070 Контрольная: средства контроля согласно карте контроля.

Выбранные средства технологического оснащения заносятся в технологическую документацию, приведенную в приложении А.

2.4 Расчет операций технологического процесса

Расчет операций технологического процесса заключается в расчете операционных размеров, технологических допусков, режимов резания и норм времени на выполнение операций.

Операционные размеры и технологические допуски определяются при проектировании плана изготовления детали при помощи методик и данных, содержащихся в литературе [26].

Расчет режимов выполнения технологических операций и их нормирование, как было выяснено при определении характеристик типа производства, выполняются с применением статистических и расчетно-аналитических методов [16]. Ниже приведем основные формулы для проведения соответствующих расчетов.

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (17)$$

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» [16].

«Исходя из полученного значения, определяется частота вращения шпинделя инструмента или заготовки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (18)$$

где d – диаметр обработки, мм» [16].

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

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (19)» [16]$$

«Выполнение нормирования технологических операций заключается в определении штучно-калькуляционного времени на их выполнение по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (20)$$

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

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

n_3 – размер партии деталей, шт» [16].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (21)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время выполнения операции, мин;

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

$T_{\text{п}}$ – время на личные потребности, мин» [16].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (22)$$

где $L_{\text{р.х.}}$ – длина рабочего хода, мм;

S – подача, мм/об» [16].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{р.х.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (23)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [16].

Полученные результаты для удобства их дальнейшего использования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы выполнения операций и их нормирование

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Величина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,8	97	320	194	0,92
	2	0,63	101	800	75	0,18
010	1	0,8	97	320	86	0,41
	2	0,8	130	480	95	0,31
015	1	0,24	145	480	108	0,99
	2	0,24	193	640	75	0,51
	3	0,3	107	640	7	0,04
	4	0,42	109	480	7	0,03
020	1	0,24	145	480	11	0,11
	2	0,24	173	640	41	0,28
	3	0,3	107	640	7	0,04
025	1	0,03	32	630	20	0,35
030	1	0,03	125	320	1725	17,96
040	1	0,015	10		396	3,6
045	1	0,005	30	360	78	1,26
050	1	0,010	40	360	25	1,6
	2	0,014	30	360	72	2,4
055	1	0,003	35	360	78	2,11
060	1	0,005	30	360	8	0,9
	2	0,008	25	360	14	1,36

Данные, приведенные в таблице 4, используются при разработке технологических наладок [13], представленных в графической части работы, а также маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов,

представленных в приложении А.

В ходе выполнения данного раздела была спроектирована технология изготовления детали. Для этого были решены следующие задачи. Во-первых, произведен выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. При этом учтены результаты анализа технологичности материала детали и определения характеристик типа производства. Далее разработан план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства на основе анализа типовых технологических процессов. Затем выбраны средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии, а также характеристик типа производства и конструктивных особенностей детали. Выполнена размерная настройка операций технологического процесса путем определения режимов выполнения операций и их нормирования. При этом учтены требуемая точность определения режимов резания и применяемые средства технологического оснащения техпроцесса.

3 Расчет и проектирование специальных средств оснащения

3.1 Расчет и проектирование цанговой оправки

Проанализировав полученный технологический процесс, приходим к выводу, что одной из его основных проблем операции токарная чистовая операция, эскиз которой приведен на рисунке 2. На данных операциях наблюдаются значительные затраты времени на снятие и установку детали, а также увеличенный процент брака по допуску на биение обработанных поверхностей. Причина этого заключается в применяемом станочном приспособлении. Данное приспособление имеет механизм зажима с ручным приводом, что объясняет значительное увеличение вспомогательного времени операций, а также зажимные элементы в виде кулачков. Данное конструктивное решение негативно сказывается на биении обработанных поверхностей, так как деталь тонкостенная и легко подвергается деформации даже при незначительном силовом воздействии на нее. Кулачки воздействуют на определенные участки детали, тем самым деформируя ее неравномерно, что и приводит к появлению дополнительной погрешности.

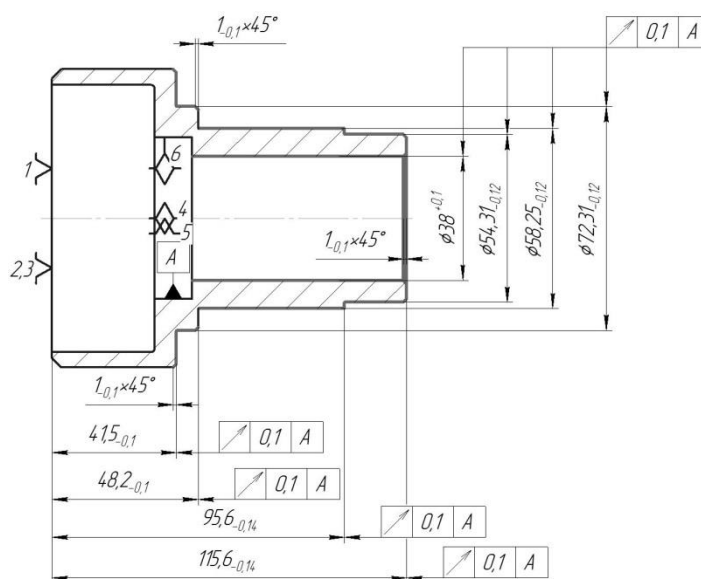


Рисунок 2 – Эскиз токарной операции

Анализ литературы показал, что наилучшим решением для устранения указанных выше проблем с учетом применяемой на операции теоретической схемы базирования будет применение цанговой оправки с механизированным приводом. Расчет и проектирование данной оправки будем производить с использованием методики и данных [7].

Выполнение силового расчета приспособления основано на его расчетной силовой схеме, приведенной на рисунке 3.

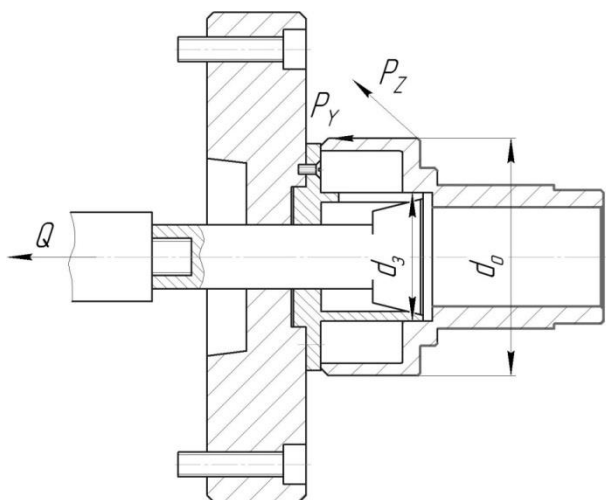


Рисунок 3 – Схема закрепления заготовки

Составляющая силы резания P_Y прижимает заготовку к опоре в процессе обработки, поэтому ее влияние при расчете силовых характеристик учитывать не будем.

«Главная составляющая силы резания рассчитывается по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (24)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент условий обработки» [7].

$$P_Z = 10 \cdot 204 \cdot 0,8^{1,0} \cdot 0,24^{0,75} \cdot 144,76^0 \cdot 1,15 = 654 \text{ Н.}$$

«Уравнение момента создаваемого силой резания определяется по формуле:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (25)$$

где P_Z – основная составляющая силы резания, Н;

d_0 – максимальный обрабатываемый диаметр обработки, мм» [7].

«Уравнение момента создаваемого усилием закрепления определяется по формуле:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (26)$$

где W – усилие закрепления, Н;

f – коэффициент трения на поверхности контакта зажимных элементов приспособления и технологической базы;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [7].

«Из условия равенства моментов выводим уравнение для определения усилия закрепления:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (27)$$

где K – коэффициент, который учитывает фактические условия выполнения операции» [7].

«Коэффициента, который учитывает фактические условия выполнения операции, определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (28)$$

где: « K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент влияния неровностей обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент состояния режущего инструмента;

K_3 – коэффициент изменения сил резания;

K_4 – коэффициент колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент эргономических характеристик зажимного механизма» [7].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

В расчетах данный коэффициент не может быть менее 2,5. С учетом этого рассчитываем искомое усилие закрепления.

$$W = \frac{654 \cdot 96}{3 \cdot 0,2 \cdot 52} \cdot 2,5 = 5030 \text{ Н.}$$

«Величина усилия на приводе для цангового зажимного механизма определяется по формуле:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (29)$$

где α – угол наклона рабочей поверхности цанги;

φ – угол трения рабочей поверхности цанги» [7].

$$Q = 5030 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ + 6,5^\circ) = 1982 \text{ Н.}$$

С целью обеспечения процесса механизации закрепления для создания усилия на приводе применяется пневматический привод, диаметр поршня которого определяется по формуле:

$$\langle D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (30)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в гидросистеме, МПа» [7].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 1982}{0,4} + 30^2} = 84 \text{ мм.}$$

С целью удешевления стоимости приспособления применим в его конструкции стандартный силовой привод. Тогда расчетный диаметр поршня округлим до ближайшего большего стандартного значения, которое составит 90 мм.

С целью выяснения возможности использования приспособления на операциях технологического процесса необходимо оценить его точность. Для этого составим его размерную схему (рисунок 4).

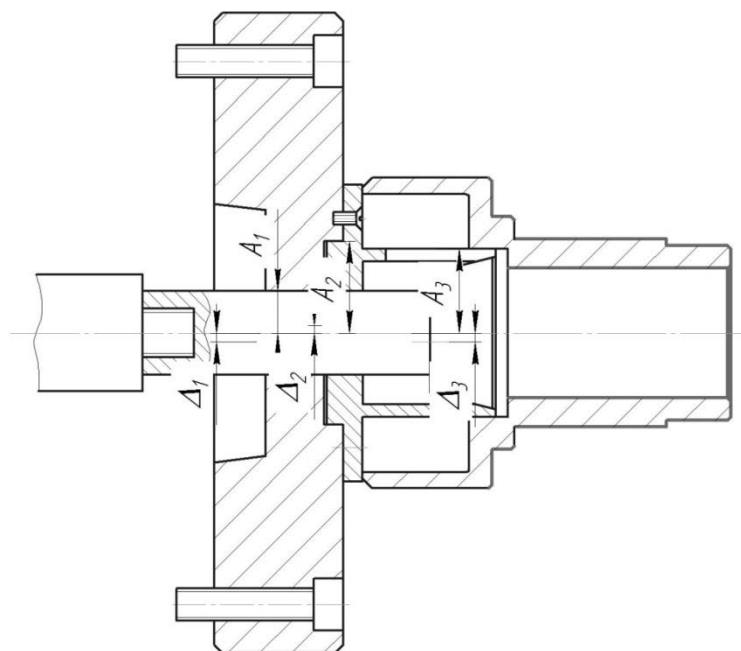


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

«Согласно представленной схеме выводим уравнение для определения погрешности установки заготовки:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (31)$$

где Δ_1 – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца привода, мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении, мм;

Δ_3 – колебание зазора направляющей и корпуса, мм» [7].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,010^2 + 0,006^2 + 0,010^2} = 0,008 \text{ мм.}$$

«Допустимая погрешность установки в приспособлении на данной операции определяется по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (32)$$

где Td – допуск на выполняемый размер, мм» [7].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности установки в приспособлении меньше, чем допустимая погрешность установки. Следовательно, данное приспособление может быть использовано на рассматриваемой операции.

Сконструированная цанговая оправка приведена на листе графической части работы, а также в приложении Б спецификации.

3.2 Расчет и проектирование контурного резца

Анализ полученного технологического процесса, показал, что одной из ключевых проблем токарных черновых операций является частый выход из строя контурных резцов. Данная проблема связана с низкой надежностью применяемой системы крепления режущих пластин к державке, что объясняется большими величинами сил, возникающими при обработке. В результате увеличивается время на замену режущего инструмента и настройку оборудования. Решение этой проблемы возможно путем изменения системы крепления режущих пластин на более надежную. Проектирование выполним по методике [1].

Геометрические параметры резца и марка материала режущей пластины определяются режимами резания и должны быть оставлены без

изменений. В данном случае материал трехгранной режущей пластины твердый сплав ТЗ0К4, главный угол в плане равный 91° .

«Для того, что бы определить параметры державки резца рассчитывается площадь сечения стружки по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (33)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [1].

$$F = 0,8 \cdot 0,24 = 0,19 \text{ мм}^2.$$

Исходя из полученного значения, выбираем следующие параметры державки: «длина державки 125 мм, поперечное сечение квадратной со стороной 20 мм» [1].

Для увеличения надежности крепления режущей пластины путем поджима ее к корпусу через отверстие в пластине рычажным механизмом, состоящим из рычага и воздействующего на него штифта. Ключевым элементом, обеспечивающим надежность крепления режущей пластины, в данной конструкции является штифт, поэтому необходимо определить его минимально допустимый диаметр. Для этого используется формула:

$$\langle D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (34)$$

где Q_1 – усилие от сил резания при обработке, Н;

σ_d – максимально допустимое напряжение, МПа» [1].

«Усилие от сил резания при обработке рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (35)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [1].

$$Q_1 = \frac{654}{0,7} = 935 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 935}{\pi \cdot 650}} = 1,83 \text{ мм.}$$

Конструкция спроектированного контурного резца представлена в графической части работы и в спецификации приложения Б.

Результатом выполнения данного раздела стало решение задач совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические и экономические показатели.

Для этого был проведен критический анализ спроектированного технологического процесса. По результатам анализа было выявлено, что в технологическом процессе имеются проблемы на токарных операциях связанные с увеличенным вспомогательным временем выполнения операций и низкой надежностью крепления режущих пластин. Первая проблема была решена путем проектирования цанговой оправки с механизированным приводом, а последняя проблема решена путем проектирования контурного резца с усовершенствованной конструкцией крепления режущей пластины.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В качестве объекта исследования в работе рассматривается технологический процесс изготовления корпуса полумуфты. Конструктивно-технологическая характеристика технологического процесса механической обработки складывается из планируемых операций и используемых на них средств технологического оснащения. Соответствующие данные представлены в пункте 2.3 «Выбор средств технологического оснащения» работы.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Технологический процесс осуществляется операторами станков с числовым программным управлением, фрезеровщиками и шлифовщиками. Проведем идентификацию профессиональных рисков для указанных категорий работников по приказу Минтруда № 776н «Методы оценки уровня профессиональных рисков определяются работодателем с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций» [4]. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
токарный 16К20Ф3, вертикально-фрезерный 6Р13, горизонтально-фрезерный 6Р82Г, плоскошлифовальный 3Д723, внутришлифовальный 3К228Б,	«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [4]	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [4]
	транспортное средство, в	«движущиеся твердые,» [4]

Продолжение таблицы 5

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
круглошлифовальный Palmary OCD2040	том числе погрузчик	жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего
	«подвижные части машин и механизмов» [4]	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [4]
	«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [4]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [4]
	материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [4]
	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [4]	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [4]
	«воздействие общей вибрации» [4]	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [4]
	«физические перегрузки» [4]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [4]
	«электрический ток» [4]	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [4]

Из таблицы видно, что опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе изготовления детали, приводят к появлению

профессиональных рисков, воздействие которых на исполнителей технологического процесса может привести к негативным последствиям. Следовательно, данные риски требуют устранения.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для устранения выявленных опасностей и рисков в соответствии с Приказом 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» определим методы и средства снижения профессиональных рисков. Полученные результаты сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [4]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [4]	«использование высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда» [4]
«транспортное средство, в том числе погрузчик» [4]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [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]

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«подвижные части машин и механизмов» [4]	«устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих элементов» [4]	«использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих «костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [4]
«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [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]	«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 технологического оборудования» [4]
«материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру» [4]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда 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]

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [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]
«воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места)» [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]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [4]
«физические перегрузки» [4]	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [4]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [4]

Продолжение таблицы 6

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«электрический ток» [4]	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [4]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [4]

Предлагаемые мероприятия по улучшению условий и охраны труда, а также методы и средства снижения профессиональных рисков позволят исключить или существенно снизить влияние на работников производства возможных опасностей и рисков, возникающих в ходе изготовления детали.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

С целью обеспечения пожарной безопасности изготовления детали определим основные характеристики пожароопасности производственного участка, на котором она изготавливается (таблица 7).

Таблица 7 – Характеристика производственного участка

Характеристика	Показатель
категория по взрыво и пожаробезопасности	пожароопасное
степень огнестойкости зданий и сооружений	из негорючих
класс помещения в зависимости от окружающей среды	сухое
класс помещения по степени опасности поражения электрическим током	с повышенной опасностью

Также следует учесть класс возможного пожара по виду горючего материала. В данном случае это класс D – пожары, связанные с

воспламенением и горением металлов.

«К основным опасным факторам возможного пожара в данном случае относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [4].

Исходя из имеющейся информации, определим технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность (таблица 8).

Таблица 8 – Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100	мотопомпа пожарная	пожарный извещатель	пожарный щит ЩП-А	оповещатель охранно-пожарный звуковой

Кроме технических средств для обеспечения пожарной безопасности на производственном участке разрабатываются следующие мероприятия: «разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае возникновения аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности» [4].

Предлагаемые технические средства и организационные мероприятия позволят организовать эффективную систему противопожарной безопасности на производственном участке.

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Экологическая безопасность определяется воздействием технологического процесса на водные ресурсы, литосферу и атмосферу.

Основными отходами, возникающими в ходе данного технологического процесса, являются: отработанные технические масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, металлическая стружка, частицы абразива, промышленный мусор.

Наиболее незначительными в данном случае являются выбросы в атмосферу, так как количество их крайне мало, а концентрация опасных и вредных веществ в них минимальна и не превышает предельно допустимых значений.

В сточные воды в результате выполнения технологического процесса, могут попасть отработанные масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки.

В литосферу возможно попадание металлической стружки, отработанных масел, смазочно-охлаждающих жидкостей и промышленного мусора.

Устранение и минимизация влияния описанных выше отходов на соответствующие экологические составляющие обеспечиваются сбором, обезвреживанием, транспортировкой, размещением, утилизацией опасных промышленных отходов. Основные этапы данной процедуры регламентируются ГОСТ Р 53692–2009.

Выполнение данного раздела позволило выполнить анализ безопасности выполнения спроектированной технологии с учетом возникающих профессиональных рисков, особенностей обеспечения пожарной безопасности и воздействия на окружающую среду.

5 Экономическая эффективность работы

Основной задачей данного раздела является экономическое обоснование предложенного совершенствования технологического процесса.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать только отличия между совершенствованиями технического решения. Основываясь на подробном описании технологического процесса из предыдущих разделов бакалаврской работы, на рисунке 5, представлены отличительные особенности сравниваемых вариантов.



Рисунок 5 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов выполнения операции

На рисунке 5 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. Слева, описана используемая оснастка и применяемый на операции инструмент, по исходному технологическому процессу, а справа – по измененному.

Чтобы дать компетентное заключение по предложенному совершенствованию, необходимо воспользоваться определенными материалами и информацией, которые позволят сделать необходимый вывод. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 6.

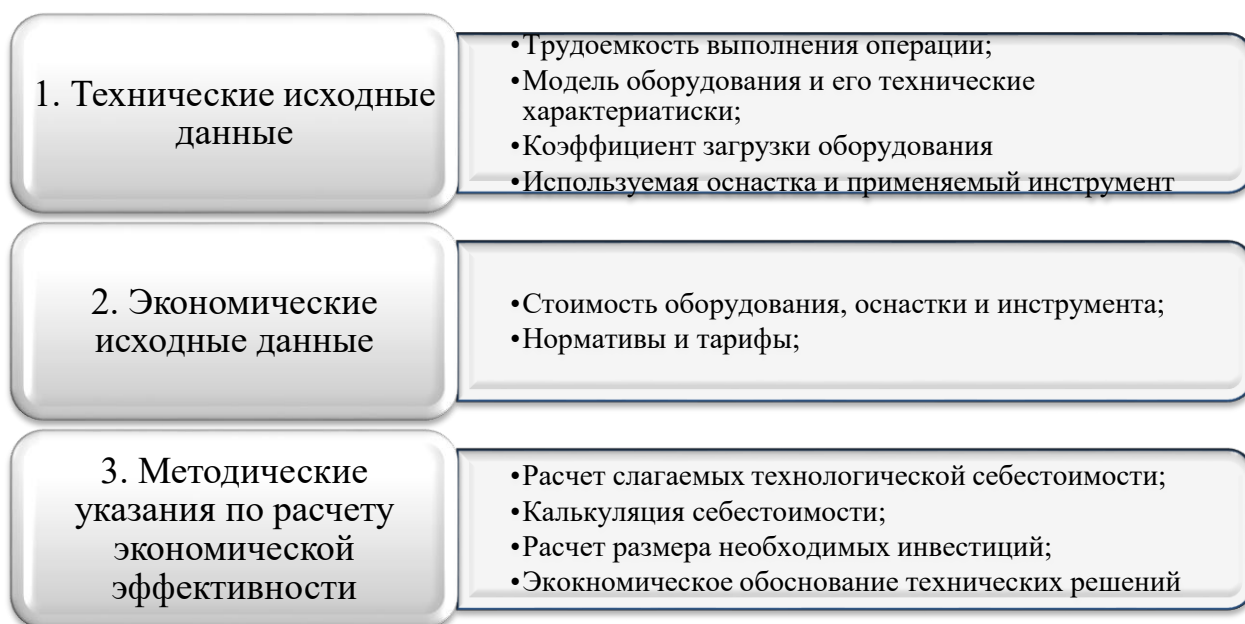


Рисунок 6 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 6, описывают совокупность необходимых данных для проведения всех соответствующих расчетов, а также показывают направление на источник, для этой информации. Технические исходные данные – это тот материал, который можно найти в технической части бакалаврской работы. При разработке технологического процесса описывают используемое оборудование, оснастка и инструмент, рассчитывается трудоемкость выполнения предложенных операций и коэффициент загрузки этих операций. Естественно оборудование подбираю исходя из серийности производства, которые напрямую зависит от программы выпуска изделия. Что касается технических параметров используемого оборудования, то это общедоступная информация из справочной литературы. Экономические исходные данные – это стоимостные значения оборудования, оснастки и инструмента, то есть его цена, тарифы на энергоносители, тарифные ставки по оплате труда и всевозможные экономические коэффициенты. Эти данные, как правило, предоставляются предприятиями, соответствующими министерствами и регулируются

правительством РФ. Методические указания по расчету экономической эффективности – это методики по расчету всех необходимых экономических показателей [9]. По их значениям можно сделать вывод о необходимости внедрения или, наоборот, об отказе вкладывать денежные средства в данный проект. Зная методику и используя соответствующее программное обеспечение, например такое, как Microsoft Excel, можно рассчитать все итоговые показатели и сделать заключение.

Если первые два пункта: технические и экономические исходные данные, это только источники информации, а вот третий – является объектом пристального внимания. Поэтому, далее будут представлены результатов расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 7 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

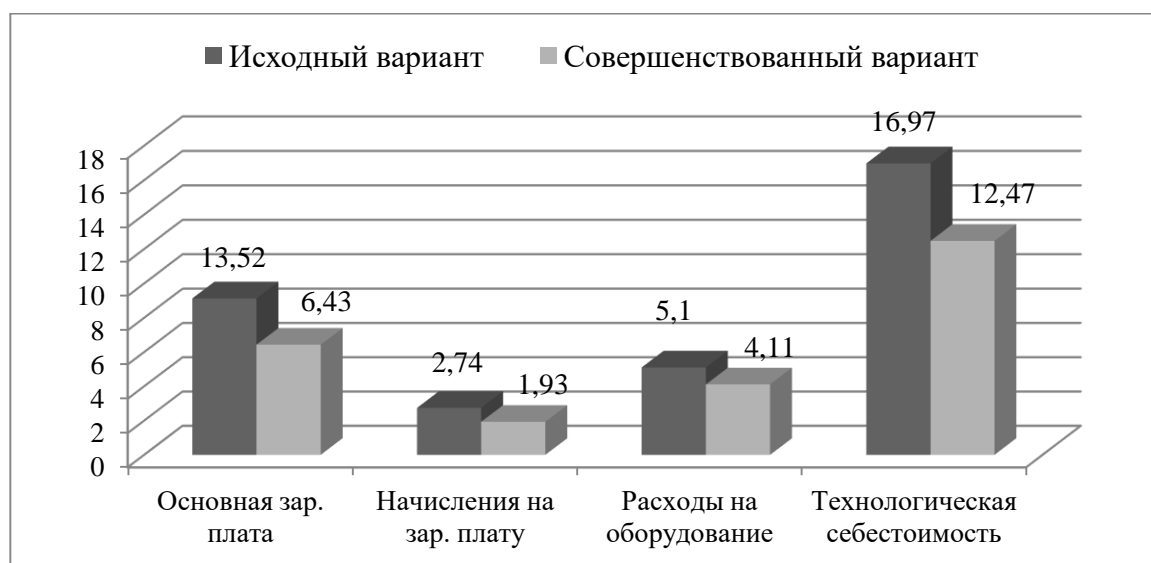


Рисунок 7 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

Из рисунка 7 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой разнице между вариантами значения величины технологической

себестоимости в размере 4,49 рублей, что составило 26,46%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как основная заработная плата работников. Его доля в величине технологической себестоимости составляет 53,8% в исходном варианте, и 51,59% – в совершенствованном. Следующий весомый вклад в результат оказала величина – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Доля этого показателя составила 30,06% и 32,93% соответственно. На рисунке 8 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

И = 77996,66 руб.	• размер инвестиций в совершенствование
Пчист = 68784 руб.	• чистая прибыль
Эинт = 11835,24 руб.	• интегральный экономический эффект
Т = 2 года	• срок окупаемости
ИД = 1,15 руб./руб.	• индекс доходности

Рисунок 8 – Значения итоговых показателей

Учитывая, представленные на рисунке 8 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, так как экономический эффект в результате расчетов получился положительным.

Результатом данного раздела являются расчеты, доказывающие экономическую эффективность предлагаемых технических решений по совершенствованию технологии, спроектированной на основе типового технологического процесса.

Заключение

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы стал технологический процесс изготовления корпуса полумуфты.

В ходе выполнения работы были проведены следующие мероприятия. Произведен анализ имеющихся исходных данных, таких как, назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства. По результатам данного анализа сформулированы задачи работы, решение которых позволяло достигнуть намеченных результатов. Далее разработана технология изготовления детали. Для этого решены следующие задачи. Произведен выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. Разработан план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства. Выбраны средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии. Рассчитаны операции технологического процесса исходя из требуемой точности определения режимов резания и применяемых средств технологического оснащения техпроцесса.

Затем решены задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические показатели.

В заключительной части работы выполнен анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определены показатели ее экономической эффективности.

Следовательно, цель работы, которая заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления, можно считать достигнутой.

Список используемых источников

1. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов: монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М. Х. Утешев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 30.09.2022).
2. Богомолова С. А. Метрология и измерительная техника: технические требования к средствам измерений: учебник / С. А. Богомолова, И. В. Муравьева. – Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 172 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1248043> (дата обращения: 15.09.2022).
3. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
4. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
5. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
6. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Электрон. дан. – СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с.
7. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт –Петербург: Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 29.09.2022).
8. 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: 11.09.2022).

9. 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: 10.10.2022).

10. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5 –е изд., стер. – Санкт –Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 05.09.2022).

11. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан –заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – Москва: ИНФРА – М, 2019. – 295 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1037766> (дата обращения: 29.08.2022).

12. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3 –е изд., доп. – Москва : ИНФРА –М, 2022. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 18.08.2022).

13. 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.

14. 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: 29.09.2022).

15. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев,

А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2 –е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

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

17. Сибикин М. Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: учебник / М.Ю. Сибикин. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2021. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1288990> (дата обращения: 21.09.2022).

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

19. 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.

20. 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.

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

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

23. Технология машиностроения. Специальная часть: учебник для вузов / А. С. Ямников, М. Н. Бобков, Г. В. Малахов [и др.]; под ред. А. А. Маликова, А. С. Ямникова. – Москва; Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 344 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168626> (дата обращения: 08.09.2022).

24. Харченко А. О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учебное пособие / А.О. Харченко. – 2 –е изд. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА –М, 2023. – 260 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 21.09.2022).

25. Химический состав и физико –механические свойства стали 40ХГНМ [Электронный ресурс]. – URL: https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40XGHN?ysclid=190bkr66e7749987100 (дата обращения: 02.08.2022).

26. Ямников А. С. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / А. С. Ямников, А. А. Маликов; под ред. А. С. Ямникова. – Москва; Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 252 с – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168516> (дата обращения: 08.09.2022).

27. 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: 15.09.2022).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпоз	Тшт
T 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392190 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т5К10; 392190															
T 20	Резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер															
T 21	НМ-100 ГОСТ10-88.															
22																
A 23	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 24	381101 Токарный с ЧПУ 16К20Ф3					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		1,96
0 25	Точить поверхности 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23 в размеры $\phi 72,988_{0,12}$, $\phi 58,25_{0,12}$, $\phi 54,56_{0,12}$,															
0 26	$\phi 39,2_{+0,1}^{+0,1}$, $115,6_{0,11}$, $95,7_{0,11}$, $48,2_{0,11}$, $41,2_{0,11}$, $1_{+0,1}^{+0,1}$ x45°.															
T 27	396190 Оправка цанговая специальная; 392190 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т30К4; 392190															
T 28	Резец контурный специальный Т30К4; 392190 Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 394300 Скоба															
T 29	индикаторная СИ-100 ГОСТ 11098-75.															
30																
A 31	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 32	381101 Токарный с ЧПУ 16К20Ф3					3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		0,56
0 33	Точить поверхности 1, 2, 3, 24, 25 в размеры $\phi 50,8_{+0,12}^{+0,12}$, $114,8_{0,11}$, $81,8_{0,11}$, $69,9_{0,12}$.															
T 34	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392190 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т30К4; 392190															
T 35	Резец контурный специальный Т30К4; 392190 Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 394300 Скоба															
T 36	индикаторная СИ-100 ГОСТ 11098-75; 393450 Нутромер НМ-75 ГОСТ10-88.															
37																
A 38	XX XX XX 025 4261 Фрезерная															
Б 39	381611 Вертикально-фрезерный 6Р13					3	18632	422	1Р	1	1	1	1200	1		0,46
0 40	Фрезеровать поверхности 17, 18, 20 в размеры $49_{+0,1}^{+0,1}$, $16_{0,013}$, $98,4_{0,11}$.															
T 41	396190 Оправка цанговая специальная; 391821 Фреза концевая $\phi 16$ ГОСТ17024-82 Р6М5; 393400 Калибр.															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
A 42	XX	XX	XX	030	4261 Фрезерная												
B 43	381631	Горизонтально-фрезерный 6P82Г 3 18632 422 1P				1	1	1	1200	1			2155				
O 44	Фрезеровать поверхности 6, 8 в размеры 834 _{0,1} , 20 ^{+0,084}																
T 45	396141 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ8615-89; 391834 Фреза дисковая																
T 46	ГОСТ 5348-69 Т5К10; 393400 Калибр.																
47																	
A 48	XX	XX	XX	035	Термическая												
49																	
A 50	XX	XX	XX	040	4133 Плоскошлифовальная												
B 51	381313	Плоскошлифовальный 3Г71 3 18873 422 1P				1	1	1	1200	1			4,68				
O 52	Шлифовать поверхности 1, 22 в размер 114 _{0,11} .																
T 53	396161 Плита магнитная ГОСТ16528-87; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная																
T 54	СИ-150 ГОСТ 11098-75.																
55																	
A 56	XX	XX	XX	045	4131 Круглошлифовальная												
B 57	381311	Круглошлифовальный с ЧПУ Palmarу 3 18873 422 1P				1	1	1	1200	1			1,64				
O 58	Шлифовать поверхности 10, 11, 14, 15, 16 в размеры $\phi 72,324_{0,016}$, $\phi 58_{0,087}^{+0,133}$, $\phi 54,06_{0,016}$, 94,1 _{0,11} , 40,1 _{0,1} .																
T 59	396190 Оправка цанговая специальная; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная																
T 60	СИ-100 ГОСТ 11098-75.																
61																	
A 62	XX	XX	XX	050	4132 Внутришлифовальная												
B 63	381312	Внутришлифовальный 3К228Б 3 18873 422 1P				1	1	1	1200	1			5,0				
O 64	Шлифовать поверхности 2, 23, 24, 25 в размер $\phi 51,8_{0,046}^{+0,059}$; $\phi 40_{0,14}$; 81 _{0,14} ; 69,1 _{0,12} .																
МК																	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код	наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП
Т 65	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-75														
Т 66	ГОСТ 10-88.														
67															
А 68	XX XX XX 055 4131 Круглошлифовальная														
Б 69	381311 Круглошлифовальный с ЧПУ Paltau 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 2,64														
О 70	Шлифовать поверхности 10, 11, 15, 16 в размеры $\phi 72 \pm 0,0095$, $\phi 54_{+0,003}^{0,053}$, $94_{0,1}$, $40_{0,1}$.														
Т 71	396190 Оправка цанговая специальная; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-75														
Т 72	СИ-100 ГОСТ 11098-75.														
73															
А 74	XX XX XX 060 4132 Внутришлифовальная														
Б 75	381312 Внутришлифовальный ЗК228Б 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 2,94														
О 76	Шлифовать поверхности 24, 25 в размер $\phi 52 \pm 0,015$; 69 _{0,12} .														
Т 77	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-75														
Т 78	ГОСТ 10-88.														
79															
А 80	XX XX XX 065 Моечная.														
81															
А 82	XX XX XX 070 Контрольная.														
83															
84															
85															
86															
87															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
Разраб.	Козлов			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Карпус полумуфты						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЭ	КОИД		
Токарная		Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71		НВ 207	166	128	Ø105,08х120			3,02	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тв	Ть	Тгв	Тшт	Сок					
16К20Ф3				157			1,96	Украина-1					
			пи	о или в	Л	т	и	с	п	v			
01	1. Установить заготовку												
Т 02	396190 Оправка цанговая специальная; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190												
Т 03	Резец контурный специальный Т30К4; 392190 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10.												
0 04	2. Точить поверхности 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23 согласно эскиза.												
Р 05		1				0,8		0,24	480	145			
Р 06		2				0,6		0,24	640	193			
Р 07		3				5,0		0,3	640	107			
Р 08		4				5,0		0,42	480	109			
Т 09	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
10													
11													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3.116-82		Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
Разраб.	Козлов			ТГУ										
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП										
Н.контр.	Козлов			Карпус полушфты							Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	МД	Профиль и размеры			МЭ	КОИД		
Фрезерная		Сталь 40ХГНМ ГОСТ 4543-71			НВ 207		128	Ø105,08x120			3,02	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			Тв	Ть	Тгв	Тшт	Сок					
6P82Г					17,96			2155	Укринал-1					
				пи	о или в	l	f	i	s	п	v			
01	1. Установить заготовку													
Т 02	396141 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ8615-89; 391834 Фреза дисковая													
Т 03	ГОСТ 5348-69 Т5К10.													
0 04	2. Фрезеровать поверхности 6, 8 выдерживая размеры согласно эскиза													
Р 05				1			7		0,03	320	125			
Т 06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.													
07														
08														
09														
10														
11														

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
A1			22.БР.ОТМП.026.70.00.000СБ	Сборочный чертеж				
<i>Детали</i>								
A4	1		22.БР.ОТМП.026.70.00.001	Державка	1			
A4	2		22.БР.ОТМП.026.70.00.002	Рычаг	1			
A4	3		22.БР.ОТМП.026.70.00.003	Винт специальный	1			
A4	4		22.БР.ОТМП.026.70.00.004	Режущая пластина	1			
A4	5		22.БР.ОТМП.026.70.00.005	Опорная пластина	1			
22.БР.ОТМП.026.70.00.000								
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
			Разраб.	Кравец				
			Проб.	Козлов				
			Н.контр.	Козлов				
			Утв.	Логинов				
				Резец токарный контурный		Лит.	Лист	Листов
								1
						ТГУ, ТМБз-1702а		
				Копировал		Формат А4		