

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)

Технология машиностроения

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления гильзы технологической установки

Обучающийся

А.В. Зайцев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.В. Зотов

(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)

Доцент М.А. Кривова

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

Тольятти 2025

Аннотация

Технологический процесс изготовления гильзы технологической установки. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2025.

В бакалаврской работе представлен технологический процесс производства гильзы в мелкосерийном производстве.

Ключевые слова: деталь, заготовка, маршрут обработки, план изготовления, режимы обработки, нормирование, оснастка, режущий инструмент, приспособление, безопасность и экологичность, экономическая эффективность.

В выпускной квалификационной работе:

- проведён анализ исходных данных из задания бакалаврской работы;
- произведён расчёт типа производства;
- спроектирована заготовка;
- разработан маршрут изготовления детали;
- произведён расчёт режимов резания;
- произведён расчёт нормирования;
- спроектирован инструмент;
- спроектировано приспособление;
- произведён расчёт безопасности технологического процесса;
- произведён расчёт экономической эффективности;

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 70 страниц, содержащую 23 таблицы, 5 рисунков, и графическую часть, содержащую 10 листов.

Аннотация на английском

The title of the final qualification work: "The technological process of manufacturing the sleeve of a technological installation."

The final qualifying work contains an explanatory note on 70 pages, containing 23 tables, 5 figures, and a graphic part containing 10 sheets.

The purpose of this final qualification work is to compile technological documentation on the technological process of manufacturing the sleeve of a technological installation.

The object of the final qualification work is standard technological documentation.

The subject of the final qualification work is a part of the sleeve type that needs to be manufactured.

The key issue in the final qualification work is the manufacture of an internal deep blind hole and ensuring its accuracy and roughness.

The thesis can be divided into 5 chapters: analysis of source data, technology development, development of special technological equipment, environmentalists and life sciences, economics.

The first chapter of the final qualification work presents an analysis of the initial data, which presents the chemical composition and physical properties of Steel45. An analysis of the surfaces of the part and an analysis of the manufacturability of the product was performed, which showed that the most accurate and complex surface for manufacturing is a deep blind hole.

In the second chapter of final qualification work, a calculation was made and a small-scale production type was selected. The method of obtaining the billet by casting the eyelet (right part) and rolling the pipe (left part) has been chosen A

drawing of the eyelet blank obtained by forging was developed, a plan for manufacturing the part was developed, and the gaps were calculated using the computational and analytical method for two holes. The cutting modes for two holes were calculated and the normalization for the entire part was calculated. The tables show machine tools, cutting tools, tooling, and instrumentation for operations.

The third chapter of final qualification work presents the design of a borehole for a deep blind hole, processed by boring. The design of the device to increase the rigidity of the system by attaching the device to the machine is also presented, the rotation of the device occurs by fixing on milling fingers and fastening through bearings on the boring spindle.

In the fourth chapter of final qualification work, the environmental friendliness and safety of sleeve manufacturing are presented, methods of combating environmental pollution and fire extinguishing means are presented.

The fifth chapter of my thesis presents the economic part of the work, in which the cost of manufacturing is analyzed, as well as capital investments, expected profits and annual economic effect are calculated.

In conclusion, we would like to emphasize that based on the results of our work, we have developed all the documents we need.

The work is of interest to a wide range of readers interested in the development.

Оглавление

Введение	5
1 Анализ исходных данных	6
1.1 Анализ назначения детали	6
1.2 Классификация поверхностей	6
1.3 Анализ технологичности детали	7
1.4 Задачи работы.....	8
2 Разработка технологии.....	9
2.1 Тип производства	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Назначение маршрутов обработки поверхностей	11
2.4 Проектирование заготовки	13
2.5 Выбор технологических баз.....	14
2.6 Разработка технологического маршрута.....	15
2.7 Расчёт припусков и операционных размеров на механическую обработку детали.....	19
2.8 Расчёт режимов резания	23
2.9 Нормирование.....	26
2.10 Выбор средств технологического оснащения	31
3 Разработка специальной технологической оснастки	36
3.1 Проектирование приспособления.....	36
3.2 Проектирование инструмента.....	38
4 Безопасность и экологичность технического объекта	41
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков	43

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	44
5 Экономическая эффективность работы	49
Заключение	52
Список используемой литературы	53
Приложение А Маршрутные карты	55
Приложение Б Операционная карта	65
Приложение В Спецификация	68

Введение

Гильза в нашей работе является основной частью гидравлического цилиндра, внутри неё под давлением масла ходит поршень со штоком и тем самым гидроцилиндр либо удлиняется, либо сжимается, что приводит к движению другую часть станка.

Для изготовления гидроцилиндра важно правильно и целесообразно указать требования на ответственные поверхности и контролировать выполнения данных требований при изготовлении детали. Также важным является проектирование технологического процесса. Следует учесть, что изготовление происходит в определённых условиях производства, на определённых станках с рабочими, имеющими определённую квалификацию, использование оснасток и приспособлений, для их максимального использования.

Важным условием изготовлением детали является её низкая себестоимость, которая достигается путём рационального использования оборудования, изготовления заготовок и её обработка, для конкуренции с другими предприятиями.

Следовательно, целью данной работы является разработка и расчёт такой технологии изготовления, которая будет соответствовать всем технологическим и конструкторским требованиям и иметь минимальную себестоимость.

Для этого будет применён ряд технологических решение, способствующих уменьшению затрат и уменьшению времени изготовления детали, также будет применено приспособление для увеличения жёсткости конструкции шпинделя, что в свою очередь позволяет уменьшить появление вибрации и увода оси отверстия при растачивании.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения детали

Гильза является деталью типа полого цилиндра сложной геометрической формы, свариваемая из двух деталей, трубы и проушины, которые в дальнейшем обрабатываются вместе как единая деталь. Гильза гидроцилиндра используется при больших знакопеременных динамических нагрузках.

Гильза используется в качестве корпуса гидравлического цилиндра и предназначена для направления передвижения штока цилиндра внутри, а также формирование области давления.

1.2 Классификация поверхностей

На рисунке 1 исполнительными поверхностями гильзы являются поверхности под номерами 9 – внутренняя поверхность гильзы, по которой будет передвигаться шток с поршнем, 4 – боковая поверхность, на которую будет напрессовываться крышка, которая будет закрывать цилиндр, 18 – отверстие, за которое гидроцилиндр будет установлен на своё место на станке.

Вспомогательными поверхностями является поверхность 20 – для шпонки и поверхность 12 – для подвода гидравлического масла.

Материалом изготовления гильзы примем сталь 45. Данная марка стали имеет высокие прочностные характеристики и легко поддаётся сварке, а также обладает отличным сочетанием цены и качества, что делает её отличным материалом для производства.

В таблице 1 приведены физические свойства стали 45 такие как: σ_B – предел прочности, σ_T – предел текучести, σ_p – предел прочности на растяжение, $\sigma_{\text{и}}$ – предел прочности на изгиб, ρ – плотность материала.

В таблице 2 приведён химический состав Сталь 45.

Таблица 1 – Физико-механические свойства стали 45 ГОСТ 1050-2013

HB	σ_p , МПа	$\sigma_{и}$, МПа	σ_B , МПа	σ_T , МПа	ρ , кг/м ³
197	600	245	600	330	7826

Таблица 2 – химический состав стали 45 ГОСТ 1050-2013

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	До 0,3	До 0,04	0,035	0,25

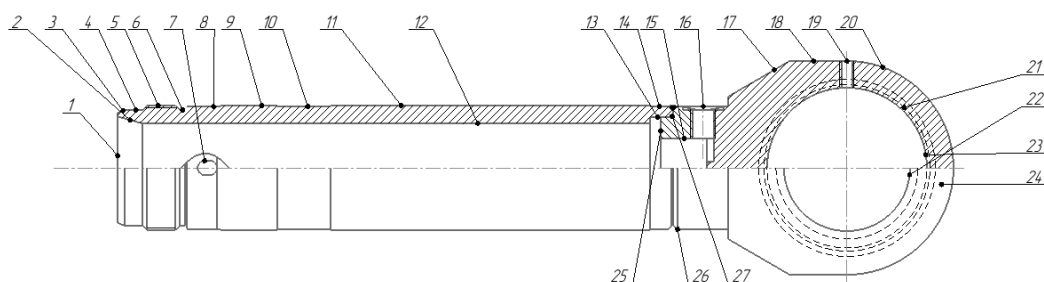


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей гильзы

1.3 Анализ технологичности детали

Сталь 45 является прочным материалом, подходящим для изготовления гильзы для гидроцилиндра, обладая большой долговечностью и износостойкостью.

Обработка стали 45 не вызывает трудности. Способ получения заготовки для составной части гильзы – трубы является прокат, а вот получение заготовки для проушины встаёт выбор между листовым прокатом и штамповкой. Далее мы рассмотрим оба варианта и выберем лучший.

Гильза обладает большим количеством внешних поверхностей, которые не будут обрабатываться, следовательно, метод получения заготовки также влияет и на дальнейшую обработку данных поверхностей, которые можно получить на заготовительной операции.

Гильза обладает глубоким глухим отверстием, который нужно обрабатывать, но глубина составляет меньше 6 диаметров, что позволяет использовать обычные режущие инструменты, но затрудняет использование контрольно-измерительного приспособления.

Возможность обработки резанием с левой стороны обусловлено использованием технологической прибыли со стороны проушины, которая в конце изготовления будет отрезана.

Точность обработки глубокого отверстия достигается использованием люнета. Выход инструмента после обработки обеспечивается. Технические требования на поверхности детали обусловлены их использованием и соответствуют заданной точности и шероховатости изделия. В заключении можно сказать, что гильза является технологичным изделием.

1.4 Задачи работы

Целью нашей работы является снижение времени производства и уменьшение трудоёмкости изготовления гильзы. Совершенствование базового технологического процесса на переходах пол обработке ответственных отверстий.

В первом разделе проведен анализ исходных данных нашей детали – гильзы, было описано служебное назначение детали и проведено исследование её технологичности. Выявлены недостатки изготовления гильзы. Сформулированы цели и задачи данной работы.

Выводы по разделу

В данном разделе были обработаны и проанализированы исходные данные нашей детали, её чертёж и заданный годовой фонд производства детали. Была проанализирована технологичность данной детали, были обработаны и обоснованы технические требования.

2 Разработка технологии

2.1 Тип производства

Определение типа производства поможет нам правильно выбрать инструмент, оснастку и станки для эффективного производства детали.

С учётом показателя массы изделия – 6,48 кг и выпуском деталей в год – 100 штук, можно определить тип производства - мелкосерийный.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Определив, что тип производства у нас является - мелкосерийным. Поэтому сравним метод получения заготовки проушины горячей штамповкой и из листового проката.

«Проведём расчёт общей технологической себестоимости заготовки по формуле (1):

$$C_{\text{тех}} = C_{\text{заг}} \cdot Q + C_{\text{мех}}(Q - q) - C_{\text{отх}}(Q - q) \quad (1)$$

где $C_{\text{заг}}$ – стоимость кг готовой заготовки, руб./кг;

$C_{\text{мех}}$ – стоимость механической обработки заготовки, руб./кг;

$C_{\text{отх}}$ – стоимость килограмма отходов, руб./кг;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса готовой детали, руб.

Для расчёта стоимости механической обработки воспользуемся формулой (2):

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k \quad (2)$$

где C_c – стоимость удаления килограмма стружки, руб./кг;

E_n – коэффициент, учитывающий эффективность капитальных вложений ($E_n = 0,1-0,2$);

C_k – удельные капитальные затраты, руб./кг.» [1]

Произведём расчёт заготовки из листового проката и запишем формулу (3) расчёта стоимости заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}} \quad (3)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость килограмма заготовки из проката, $C_{\text{пр}} = 18,45$ руб./кг;

$h_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий форму проката, (1,0);

Определим стоимость заготовки:

$$C_{\text{заг}} = 18,45 \cdot 1,0 = 18,45 \text{ руб./кг};$$

Определим стоимость механической обработки заготовки:

$$C_{\text{мех}} = 4,95 + 0,15 \cdot 18,45 = 7,72 \text{ руб./кг.}$$

Подставим получившиеся значения в формулу (1) и получим:

$$C_{\text{тех}} = 18,45 \cdot 15,2 + 7,72(15,2 - 3,3) - 1,4(15,2 - 3,3) = 364 \text{ руб.}$$

Произведём расчёт заготовки методом горячей штамповки и запишем формулу (4) расчёта стоимости заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot h_{\text{т}} \cdot h_{\text{с}} \cdot h_{\text{в}} \cdot h_{\text{м}} \cdot h_{\text{п}} \quad (4)$$

где $C_{\text{шт}}$ – стоимость кг готовой штампованной заготовки, руб, $C_{\text{шт}} = 27,03$ руб./кг;

$h_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий класс точности заготовки, принимаем $h_{\text{т}} = 0,90$;

$h_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий группу сложности заготовки, принимаем $h_{\text{с}} = 0,75$;

h_B – коэффициент, учитывающий марку материала заготовки, принимаем $h_B = 0,80$;

h_M – коэффициент, учитывающий массу заготовки, принимаем $h_M = 1,00$;

h_{Π} – коэффициент, учитывающий объём производства, принимаем $h_{\Pi} = 1,0$.

Подставим получившиеся значения в формулу 4:

$$C_{\text{заг}} = 27,03 \cdot 0,90 \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 14,6 \text{ руб.}$$

Подставим все значения в формулу (1):

$$C_{\text{тех}} = 14,6 \cdot 15,2 + 6,537(15,2 - 3,3) - 1,4(15,2 - 3,3) = 283 \text{ руб.}$$

Очевидно, что выгоднее производить заготовку ковкой.

2.3 Назначение маршрутов обработки поверхностей

В таблице 3 приведены номера поверхностей, её вид, качество точности поверхности, её шероховатость и технологические переходы для данной поверхности.

Таблица 3 – Маршрут обработки поверхностей

№ поверхности.	Вид поверхности	Квалитет	Технические требования		Шероховатость, мкм	Технологические переходы
			Расположения	Формы		
1	Торец	9	0,3	-	2,50	Точение черновое, Точение чистовое
2	Фасон	9	-	-	2,50	Точение черновое, Точение чистовое
3	Фасон	10	-	-	2,50	Точение черновое, Точение чистовое
4	Цилиндр	7	-	-	2,50	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование чистовое,

Продолжение таблицы 3

№ поверх ности.	Вид поверх ности	Квалит ет	Технические требования		Шероховат ость, мкм	Технологические переходы
			Располож ения	Формы		
5	Цилин др	10	-	-	2,50	Точение черновое, Точение чистовое
6	Фасон	10	-	-	2,50	Точение черновое, Точение чистовое
7	Фасон	10	-		10,00	Фрезерование черновое
8	Цилин др	7	-	0,04	2,50	Точение черновое, Точение чистовое, Шлифование чистовое
9	Цилин др	-	-	-	-	-
10	Цилин др	7	-	-	1,25	Шлифование чистовое
11	Цилин др	-	-	-	-	-
12	Цилин др	5	-	0,024	0,32	Точение черновое, Точение чистовое, Хонингование, Полирование, Хромирование, Хонингование, Полирование
13	Торец	10	-	-	10,00	Точение черновое
14	Цилин др	7	-	-	1,25	Шлифование предварительное Шлифование чистовое
15	Цилин др	10	-	-	10,00	Сверление Точение черновое
16	Резьба	8	-	-	1,25	Фрезерование Резьбонарезание
17	Фасон	12	-	-	10,00	Точение черновое
18	Цилин др	12	-	-	10,00	Точение черновое
19	Резьба	8	-	-	1,25	Фрезерование Резьбонарезание
20	Фасон	12	-	-	10,00	Точение черновое
21	Цилин др	10	-	-	2,50	Растачивание черновое Растачивание чистовое
22	Цилин др	10	-	-	2,50	Растачивание черновое Растачивание чистовое
23	Цилин др	6	0,04	-	1,00	Растачивание черновое Растачивание чистовое Растачивание тонкое Шлифование тонкое.
24	Плоска я	10	0,02	-	2,50	Растачивание черновое Растачивание чистовое

Таким образом мы составили таблицу с поверхностями и их обработкой, что нам в дальнейшем поможет проектировать технологический процесс изготовления гильзы.

2.4 Проектирование заготовки

В нашем случае изготовление заготовки происходит из поковки с параметрами в таблице 4.

Таблица 4 – Общие припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Размер, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
70	$1,6+0,4+0,4=2,4$	$2,0+1,0+1,2=4,2$
120	$1,7+0,4+0,4=2,5$	$2,2+1,0+1,2=4,2$
71	$1,6+0,4+0,4=2,4$	$2,0+1,0+1,2+1,0=5,2$
120	$1,7+0,4+0,4=2,5$	$2,2+1,0+1,2=4,2$
80	$1,6+0,4+0,4=2,4$	$2,0+1,0+1,2=4,2$
70	$1,6+0,4+0,4=2,4$	$2,0+1,0+1,2=4,2$
158	$1,7+0,4+0,4=2,5$	$2,2+1,0+1,2=4,2$

Поковка имеет простую форму с прямыми сторонами и является технологичной.

В качестве черновых технологических баз примем торец 13 и поверхность 15.

2.5 выбор технологических баз

Для обработки резанием нашей заготовки воспользуемся несколькими схемами базирования.

Послековки для первой механической обработки подготовим технологическую базу для дальнейшей установки по ней, для этого воспользуемся боковой поверхностью и торцом для установки в трёхкулачковом патроне.

После обработки тех прибыли, заготовку перевернут и установят в тех прибыль в трёхкулачковый самоцентрирующий патрон. Для обработки глубокого глухого отверстия используется люнет.

Для растачивания отверстий заготовка будет установлена в тиски за внешнюю поверхность трубы, а проушина будет лежать в призмах с упором по торцу.

2.6 Разработка технологического маршрута

Для обработки заготовки в мелкосерийном производстве используются универсальные станки и универсальная оснастка. Технологическая маршрутная карта представлена в таблицах номер 5, 6 и 7.

Таблица 5 – Технологический маршрут для обработки трубы

№ Опер.	Операция	Станок	Содержание операции
000	Заготовительная	Отрезной станок	Прокат
005	Токарная	токарно-винторезный станок 1М63М	Точить поверхности 2,10, 13, 14 начерно и начисто
010	Контрольная	Контрольный стол	Контроль комплексный
015	Маркировочная	Маркировальный стол	Маркировать изделие

Таблица 6 – Технологический маршрут для обработки проушины

№ Опер.	Операция	Станок	Содержание операции
000	Заготовительная	Пресс	Ковка
005	Токарная	Токарно-винторезный станок 1М63М	Точить технологическую прибыль начерно и начисто.
010	Токарная	токарно-винторезный станок 1М63М	Сверлить отверстие 15

Продолжение таблицы 6

№ Опер.	Операция	Станок	Содержание операции
015	Токарная	токарно- винторезный станок 1М63М	Точить поверхности 15, 25,26,27 начерно и начисто
020	Фрезерная	консольно- фрезерный станок вертикальный 6М13П	Фрезеровать поверхности 17,18,20, 24 не срезая тех прибыль начерно
025	Расточная	горизонтально- расточной станок с ЧПУ 2В622Ф4	Расточить поверхность 22 начерно
030	Контрольная	Контрольный стол	Контроль комплексный
035	Маркировочная	Маркировальный стол	Маркировать изделие

Таблица 7 – Технологический маршрут для обработки гильзы

№ Опер.	Операция	Станок	Содержание операции
005	Сварка	Полуавтомат	Сварка поверхностей 13 и 15
010	Термическая	Печь	Отжиг
015	Контрольная	Контрольный стол	Проверить герметичность сварного шва
020	Токарная	Токарно- винторезный станок 1М63М	Точить поверхности 3,4,5,6,8 начерно и начисто.
025	Фрезерная	Консольно- фрезерный станок вертикальный 6М13П	Фрезеровать поверхности 7,16,19
030	Расточная	Горизонтально- расточной станок ЧПУ 2В622Ф4	Точить поверхность 12 начерно, начисто
035	Хонинговальная	Хонинговальный вертикальный станок 3К833	Хонинговать поверхность 12
040	Полировальная	Универсальный кругло шлифовальный станок SU315	Полировка поверхности 12

Продолжение таблицы 7

№ Опер.	Операция	Станок	Содержание операции
045	Хромирование	Универсальный кругло шлифовальный станок SU315	Хромировать поверхность 12
050	Шлифовальная	Универсальный кругло шлифовальный станок SU315	Шлифовать поверхность 4,8 начисто
055	Хонинговальная	Хонинговальный вертикальный станок 3K833	Хонинговать поверхность 12
060	Полировальная	Кругло шлифовальный станок SU315	Полировать поверхность 12
065	Расточная	Горизонтально- расточной станок ЧПУ 2B622Ф4	Расточить поверхности 21,22,23,24 начерно и начисто
070	Токарная	Токарно- винторезный станок 1М63М	Нарезать резьбу 5,16,19
075	Шлифовальная	Кругло шлифовальный станок SU315	Шлифовать поверхность 23 тонко
080	Токарная	Токарно- винторезный станок 1М63М	Отрезать технологическую прибыль
085	Моечная	Моечная машина	Мойка
090	Контрольная	Контрольный стол	Контроль комплексный
095	Маркировочная	Маркировальный стол	Маркировать изделие

Таким образом мы составили технологический маршрут изготовления проушины, трубы и самой гильзы и занесли их в таблицы, что в дальнейшем поможет нам при проектировании технологических процессов.

2.7 Расчёт припусков и операционных размеров на механическую обработку детали

«Припуск – это слой материала, удаляемый в процессе механической обработки в целях достижения заданных точности и качества обрабатываемой поверхности». [2]

«Операционный размер – размер обрабатываемой поверхности, предписанный к выполнению на рассматриваемой операции (переходе). Значение операционного размера не должно выходить за пределы наименьшего и наибольшего допустимых размеров, разница между которыми равна технологическому допуску». [3]

Произведём расчёт аналитическим методом для припуска на размер поверхности 12, параметр которой $\varnothing 55_0^{+0,074}$, $L=286$ мм, $Ra=0,32$ мкм.

Найдём суммарные отклонения геометрических и формы поверхности по формуле (5):

$$\Delta = 0,25 \cdot Td \quad (5)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,3 = 0,075 \text{ мм.}$$

$$\Delta_1 = 0,25 \cdot 0,12 = 0,036 \text{ мм.}$$

$$\Delta_2 = 0,25 \cdot 0,074 = 0,022 \text{ мм.}$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм.}$$

$$\Delta_4 = 0,25 \cdot 0,019 = 0,006 \text{ мм.}$$

$$\Delta_5 = 0,25 \cdot 0,019 = 0,006 \text{ мм.}$$

$$\Delta_6 = 0,25 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм.}$$

$$\Delta_7 = 0,25 \cdot 0,019 = 0,006 \text{ мм.}$$

$$\Delta_8 = 0,25 \cdot 0,019 = 0,006 \text{ мм.}$$

Определим значения припусков максимального и минимального по формулам (6) и (7):

$$Z_{min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{пр}^{i-1})^2 + (\varepsilon_y^i)^2} \quad (6)$$

$$Z_{i\ max} = Z_{i\ min} + 0,5(Td_{i-1} + Td_i) \quad (7)$$

где a_{i-1} – глубина дефектного слоя;

$\Delta_{пр}^{i-1}$ – величина пространственных отклонений;

ε_y^i – погрешность установки.

Подставим в формулу (6) и рассчитаем

$$Z_{1min} = 0,5 + \sqrt{(0,075)^2 + (0)^2} = 0,575 \text{ мм.}$$

$$Z_{2min} = 0,4 + \sqrt{(0,036)^2 + (0)^2} = 0,436 \text{ мм.}$$

$$Z_{3min} = 0,2 + \sqrt{(0,022)^2 + (0)^2} = 0,222 \text{ мм.}$$

$$Z_{4min} = 0,1 + \sqrt{(0,009)^2 + (0)^2} = 0,109 \text{ мм.}$$

$$Z_{5min} = 0,03 + \sqrt{(0,006)^2 + (0)^2} = 0,035 \text{ мм.}$$

$$Z_{7min} = 0,01 + \sqrt{(0,006)^2 + (0)^2} = 0,016 \text{ мм.}$$

$$Z_{8min} = 0,005 + \sqrt{(0,006)^2 + (0)^2} = 0,010 \text{ мм.}$$

$$Z_{1max} = 0,575 + 0,5(0,3 + 0,12) = 0,785 \text{ мм.}$$

$$Z_{2max} = 0,436 + 0,5(0,12 + 0,074) = 0,533 \text{ мм.}$$

$$Z_{3max} = 0,222 + 0,5(0,074 + 0,03) = 0,274 \text{ мм.}$$

$$Z_{4max} = 0,109 + 0,5(0,03 + 0,019) = 0,134 \text{ мм.}$$

$$Z_{5max} = 0,035 + 0,5(0,019 + 0,006) = 0,048 \text{ мм.}$$

$$Z_{7max} = 0,016 + 0,5(0,006 + 0,006) = 0,022 \text{ мм.}$$

$$Z_{8max} = 0,010 + 0,5(0,006 + 0,006) = 0,016 \text{ мм.}$$

Определим значения размеров для каждого перехода

$$D_{8min}=55,000 \text{ мм.}$$

$$D_{8max}=55,074 \text{ мм.}$$

$$D_{7min} = D_{8max} - 2 \cdot Z_{8min} = 55,074 - 2 \cdot 0,010 = 55,054 \text{ мм.}$$

$$D_{7max} = D_{7min} - Td_8 = 55,054 - 0,019 = 55,073 \text{ мм.}$$

$$D_{5min} = D_{7max} - 2 \cdot Z_{7min} = 55,073 - 2 \cdot 0,016 = 55,041 \text{ мм.}$$

$$D_{5max} = D_{5min} - Td_7 = 55,041 - 0,019 = 55,022 \text{ мм.}$$

$$D_{4min} = D_{5max} - 2 \cdot Z_{5min} = 55,022 - 2 \cdot 0,035 = 54,952 \text{ мм.}$$

$$D_{4max} = D_{4min} - Td_5 = 54,952 - 0,019 = 54,933 \text{ мм.}$$

$$D_{3min} = D_{4max} - 2 \cdot Z_{4min} = 54,933 - 2 \cdot 0,109 = 54,715 \text{ мм.}$$

$$D_{3max} = D_{3min} - Td_4 = 54,715 - 0,03 = 54,685 \text{ мм.}$$

$$D_{2min} = D_{3max} - 2 \cdot Z_{3min} = 54,685 - 2 \cdot 0,222 = 54,241 \text{ мм.}$$

$$D_{2max} = D_{2min} - Td_3 = 54,241 - 0,074 = 54,167 \text{ мм.}$$

$$D_{1min} = D_{2max} - 2 \cdot Z_{2min} = 54,167 - 2 \cdot 0,436 = 53,295 \text{ мм.}$$

$$D_{1max} = D_{1min} - Td_2 = 53,295 - 0,12 = 53,175 \text{ мм.}$$

$$D_{0min} = D_{1max} - 2 \cdot Z_{1min} = 53,175 - 2 \cdot 0,575 = 52,025 \text{ мм.}$$

$$D_{0max} = D_{0min} - Td_0 = 52,025 - 0,3 = 51,725 \text{ мм.}$$

Определим общий припуск на механическую обработку по формулам (8), (9) и (10):

$$2Z_{min} = D_{8max} - D_{0min} \quad (8)$$

$$2Z_{min} = 55,074 - 52,025 = 3,049 \text{ мм.}$$

$$2Z_{max} = 2Z_{min} + Td_0 + Td_8 \quad (9)$$

$$2Z_{max} = 3,049 + 0,3 + 0,019 = 3,368 \text{ мм.}$$

$$2Z_{cp} = 0,5(2Z_{min} + 2Z_{max}) \quad (10)$$

$$2Z_{cp} = 0,5(3,049 + 3,368) = 3,21 \text{ мм.}$$

Произведём расчёт аналитическим методом для припуска на размер поверхности 23, параметр которой $\varnothing 90_0^{+0,035}$, $L=49$ мм, $Ra=1$ мкм.

Найдём суммарные отклонения геометрических и формы поверхности по формуле (5):

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,35 = 0,086 \text{ мм.}$$

$$\Delta_1 = 0,25 \cdot 0,087 = 0,022 \text{ мм.}$$

$$\Delta_2 = 0,25 \cdot 0,035 = 0,009 \text{ мм.}$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot 0,022 = 0,006 \text{ мм.}$$

Определим значения припусков максимального и минимального по формулам (6) и (7):

$$Z_{1min} = 0,4 + \sqrt{(0,086)^2 + (0)^2} = 0,486 \text{ мм.}$$

$$Z_{2min} = 0,2 + \sqrt{(0,022)^2 + (0)^2} = 0,222 \text{ мм.}$$

$$Z_{3min} = 0,1 + \sqrt{(0,009)^2 + (0)^2} = 0,109 \text{ мм.}$$

$$Z_{4min} = 0,03 + \sqrt{(0,006)^2 + (0)^2} = 0,036 \text{ мм.}$$

$$Z_{1max} = 0,486 + 0,5(0,35 + 0,087) = 0,705 \text{ мм.}$$

$$Z_{2max} = 0,222 + 0,5(0,087 + 0,022) = 0,277 \text{ мм.}$$

$$Z_{3max} = 0,109 + 0,5(0,022 + 0,009) = 0,125 \text{ мм.}$$

$$Z_{4max} = 0,036 + 0,5(0,009 + 0,005) = 0,043 \text{ мм.}$$

Определим значения размеров для каждого перехода

$$D_{4min} = 90,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4max} = 90,035 \text{ мм.}$$

$$D_{3min} = D_{4max} - 2 \cdot Z_{4min} = 90,035 - 2 \cdot 0,036 = 89,963 \text{ мм.}$$

$$D_{3\max} = D_{3\min} - Td_4 = 89,963 - 0,022 = 89,941 \text{ мм.}$$

$$D_{2\min} = D_{3\max} - 2 \cdot Z_{3\min} = 89,941 - 2 \cdot 0,109 = 89,723 \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} - Td_3 = 89,723 - 0,035 = 89,688 \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{2\max} - 2 \cdot Z_{2\min} = 89,688 - 2 \cdot 0,222 = 89,244 \text{ мм.}$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} - Td_2 = 89,244 - 0,087 = 89,157 \text{ мм.}$$

$$D_{0\min} = D_{1\max} - 2 \cdot Z_{1\min} = 89,157 - 2 \cdot 0,486 = 88,185 \text{ мм.}$$

$$D_{0\max} = D_{0\min} - Td_0 = 88,185 - 0,35 = 87,835 \text{ мм.}$$

Определим общий припуск на механическую обработку по формулам (8), (9) и (10):

$$2Z_{\min} = 90,035 - 88,185 = 1,85 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\max} = 1,85 + 0,35 + 0,022 = 2,222 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{cp}} = 0,5(1,85 + 2,222) = 2,036 \text{ мм.}$$

2.8 Расчёт режимов резания

При изготовлении гильзы выделяются две поверхности, одна из которых является самой ответственной, вторая самой продолжительной при обработке.

Произведём расчёт режимов резания для поверхности 12 и 23.

Глубина резания при черновом растачивании примем $t=1,9$ мм.

Подачу для чернового растачивания примем $S=0,3$ мм/об.

«Расчёт скорости резания проведём по формуле (11):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (11)$$

где C_v – значение коэффициента;

K_v – произведение коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки, состояния поверхности и материала инструмента;

$$C_v = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20$$

Чтобы найти коэффициента K_V воспользуемся формулой и его основными составляющими (12):

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} \quad (12)$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

$K_{ПВ}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки. По справочнику для нашего случая $K_{ПВ} = 0,9$

$K_{ИВ}$ – коэффициенты, учитывающий материал инструмента. Для нашего инструмента $K_{ИВ} = 1,0$. [4]

$$K_{MV} = K_T \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (13)$$

где K_T – коэффициент поправочный для стали. $K_T = 1,0$;

n_v – показатель степени. $n_v = 1,0$.

Откуда:

$$K_{MV} = 1,0 \left(\frac{750}{600} \right)^{1,0} = 1,25.$$

По формуле (12) находим поправочный коэффициент:

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,125.$$

Теперь находим скорость резания по формуле (11):

$$v = \frac{350}{180^{0,20} 1,9^{0,15} 0,3^{0,35}} \cdot 1,125 = 193 \text{ м/мин.}$$

Перейдём к расчёту силы резания по формуле (14):

$$P_z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n K_P \quad (14)$$

где C_P – значение коэффициента растачивания;

K_P – поправочный коэффициентов, учитывающих влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости;

$$C_P = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15.$$

Поправочный коэффициент находим по формуле (15):

$$K_P = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{rP} \quad (15)$$

где K_{MP} ; $K_{\varphi P}$; $K_{\gamma P}$; $K_{\lambda P}$; K_{rP} – табличные коэффициенты.

$$K_P = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,85.$$

Рассчитав нужные значения подставим их в формулу (14) и посчитаем силу резания:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,65^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 193^{-0,15} \cdot 0,85 = 305 \text{ Н.}$$

Рассчитаем частоту вращения шпинделя по формуле (16):

$$n = \frac{1000 \cdot v}{3,14 \cdot D}$$

где D – диаметр обрабатываемого отверстия.

$$n = \frac{1000 \cdot 193}{3,14 \cdot 50} = 1230 \text{ мин}^{-1}.$$

Рассчитаем мощность резания при черновом растачивании по формуле (17):

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (17)$$

$$N_e = \frac{305 \cdot 227}{1020 \cdot 60} = 1,13 \text{ кВт.}$$

Рассчитав режим резания для черновой расточной операции по аналогии рассчитаем растачивание чистовое, шлифование чистовое, шлифование тонкое, полирование, и занесём все полученные значения в таблицы 8 и 9.

Таблица 8 – Режимы резания для поверхности 12

«Переход	Скорость резания, м/мин	Подача, мм\об	Глубина резания, мм	Частота вращения шпинделя мин ⁻¹	Максимальная мощность резания, кВт	Скорость возвратно- поступательного движения шпинделя, м/мин» [5]
1	2	3	4	5	6	7
Растачивание черновое	193	0,3	1,9	1230	1,13	-
Растачивание чистовое	406	0,07	0,4	2554	0,4	-
Хонингование предварительное	70	0,02	0,2	400	0,01	18
Хонингование окончательное	70	0,02	0,1	400	0,01	18

Таблица 9 – Режимы резания для поверхности 23

Переход	Скорость резания, м/мин	Подача, мм\об	Глубина резания, мм	Количество проходов	Частота вращения шпинделя мин ⁻¹	Максимальная мощность резания реереререзания, кВт резания, кВт
1	2	3	4	5	6	7
Растачивание черновое	227	0,3	0,65	1	822	3,05
Растачивание чистовое	340	0,07	0,2	2	1245	0,3
Растачивание тонкое	632	0,01	0,30	3	2236	0,1
Шлифование тонкое	20	0,005	0,0025	1	120	0,1

Таким образом мы посчитали и занесли в таблицы режимы резания, что в дальнейшем поможет нам заполнить маршрутную карту и посчитать нормирование для операций.

2.9 Нормирование технологического процесса

Для расчёта норм времени на технологической операции, стоит учесть, что перед тем, как начать обрабатывать деталь, станок нужно подготовить:

настроить по размерам и режимам, задать станку нужные параметры режима резания, таких как вращение шпинделя, скорость подачи и глубину резания, тем самым потратить время на его настройку.

После подготовки станка, нужно подготовить заготовку для её дальнейшей обработки. Очистить заготовку от грязи и установить её на станок в патрон.

«Для расчёта штучно-калькуляционного времени для мелкосерийного производства воспользуемся формулой (18):

$$T_{\text{шк}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \quad (18)$$

где T_o – основное время, мин;

T_v – вспомогательное время, мин;

$T_{\text{об}}$ – время обслуживания, мин;

$T_{\text{пер}}$ – время перерывов в работе, мин;

$T_{\text{пз}}$ – норма подготовительно-заключительного времени на партию, мин;

n – число изделий в партии». [6]

«Для расчёта T_o – основное время воспользуемся формулой (19) для токарных работ:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i \quad (19)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности, мм;

i – число проходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача за один оборот шпинделя, мм.» [7]

Определим основное время для поверхности 12:

$$T_o = \frac{313}{1230 \cdot 0,3} \cdot 3 = 2,54 \text{ мин.}$$

«Для определения вспомогательного времени T_B воспользуемся формулой (20) определения времени.

$$T_B = T_{y.c.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} \quad (20)$$

где $T_{y.c.}$ – время, отведённое для снятия и установки заготовки на станок, мин;

$T_{з.о.}$ – время, затрачиваемое работником на закрепление и раскрепление заготовки на станке мин;

$T_{уп}$ – время, отведённое на управления станком мин;

$T_{из}$ – время для измерения и контроля изготовления детали, мин.» [8]

Определим вспомогательное время для поверхности 12:

$$T_B = 0,07 + 0,08 + 0,185 + 0,13 = 0,465 \text{ мин.}$$

Определим по формуле (21) оперативное время:

$$T_{оп} = T_o + T_B \quad (21)$$

$$T_{оп} = 2,54 + 0,465 = 3,05 \text{ мин.}$$

Для определения времени обслуживания $T_{об}$ воспользуемся формулой (21):

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} \quad (21)$$

где $T_{тех}$ – время, затрачиваемое на техническое обслуживание, принимается как 6% от оперативного времени;

$T_{орг}$ – время, затрачиваемое на организацию рабочего времени, принимается как 8% от основного времени.

$$T_{об} = 3,05 \cdot 6\% + 2,54 \cdot 8\% = 0,387 \text{ мин.}$$

Время перерывов в работе $T_{пер}$ определяется как 2,5% от оперативного времени.

$$T_{пер} = 3,05 \cdot 2,5\% = 0,08 \text{ мин.}$$

Для определения подготовительно-заключительного времени воспользуемся заранее рассчитанными нормативными таблицами [9].

$$T_{пз} = 8 + 2,7 = 10,7 \text{ мин.}$$

Подставим все рассчитанные данные в формулу (18) и получим:

$$T_{шк} = 3,05 + 0,465 + 0,387 + 0,08 + \frac{10,7}{100} = 4,089 \text{ мин.}$$

Рассчитав нормирования для черновой расточной операции по аналогии рассчитаем растачивание чистовое, шлифование чистовое, шлифование тонкое, полирование, и занесём все полученные значения в таблицу 10.

Таблица 10 – Нормирование поверхности 12

Наименование операции	T_o , мин	T_B , мин.	$T_{пер}$, мин.	$T_{шк}$, мин.
Растачивание черновое	2,54	0,456	0,082	4,089
Растачивание чистовое	1,98	0,315	0,058	2,353
Хонингование предварительное	1,6	0,24	0,048	2,34
Хонингование окончательное	1,6	0,24	0,048	2,341
Полирование	10,03	0,563	0,326	11,155
Хромирование	5,12	0,456	0,140	5,95
Хонингование окончательное	1,6	0,24	0,048	2,34
Полирование	10,03	0,563	0,326	11,155

Таблица 11 – Нормирование поверхности 23

Наименование операции	T_o , мин	T_B , мин.	$T_{пер}$, мин.	$T_{шк}$, мин.
Растачивание черновое	0,21	0,456	0,021	0,93
Растачивание чистовое	0,25	0,315	0,015	0,82
Шлифование чистовое	2,12	0,465	0,06	2,87
Шлифование тонкое	2,76	0,313	0,08	3,39

Таблица 12 – Нормы времени

Операция	T_o , мин	T_B , мин.	$T_{пер}$, мин.	$T_{шк}$, мин.
020	3,4	0,724	0,085	4,2
025	0,46	0,136	0,011	0,605
030	4,52	0,771	0,140	6,442
035	3,2	0,48	0,096	4,68
040	10,03	0,563	0,326	11,155
045	5,12	0,456	0,140	5,95
050	4,52	0,771	0,140	6,335
055	3,2	0,48	0,096	4,68
060	10,03	0,563	0,326	11,155
065	5,15	0,816	0,129	6,1
070	0,42	0,384	0,004	0,81
075	1,35	0,216	0,074	1,94
080	0,42	0,384	0,004	0,81
085	0,93	0,561	0,023	1,51
090	0,47	0,268	0,012	0,75
095	0,08	0,010	0,002	0,1
Общее время:	53,3	7,589	1,608	67,222

Таким образом мы посчитали и занесли в таблицы время, потраченное на каждую операцию и посчитали общее время.

2.10 Выбор средств технологического оснащения

Для производства нашей детали потребуются средства технологического оснащения, такие как: станки и их основные характеристики, приспособления ГОСТы на них, а также режущий инструмент с сделанный по ГОСТу, контрольно-измерительные приборы, сделанные по ГОСТу. Занесём всё это в таблицы 13, 14, 15 и 16.

Таблица 13 – Станки и основные характеристики

Номер операции	Станок	Наибольшие габариты заготовки,	Мощность главного привода кВт	Частота вращения шпинделя, об/мин	Габариты станка, мм	Масса, т
020	Токарно-винторезный станок 1М63М	630	18,5	12,5-1600	3655x1590x1420	4,4
025	6М13П станок консольно-фрезерный	1600	11	31,5-1600	2570x2252x2430	1,3
030	Горизонтально-расточной станок ЧПУ 2В622Ф4	1250	22	6-1250	7600x3750x3500	18,5
035	3К833 станок хонинговальный	400	4	160,250,400	1295x1145x2755	1,52
040	широкоуниверсальный круглошлифовальный станок SU 315	315	9	22,4-500	6700x2475x1500	5,2
045	широкоуниверсальный круглошлифовальный станок SU 315	315	9	22,4-500	6700x2475x1500	5,2
050	широкоуниверсальный круглошлифовальный станок SU 315	315	9	22,4-500	6700x2475x1500	5,2
055	3К833 станок хонинговальный	400	4	160,250,400	1295x1145x2755	1,52
060	широкоуниверсальный круглошлифовальный станок SU 315	315	9	22,4-500	6700x2475x1500	5,2
065	Горизонтально-расточной станок ЧПУ 2В622Ф4	1250	22	6-1250	7600x3750x3500	18,5
070	Токарно-винторезный станок 1М63М	630	18,5	12,5-1600	3655x1590x1420	4,4
075	Круглошлифовальный станок SU315	315	9	22,4-500	6700x2475x1500	5,2
080	Токарно-винторезный станок 1М63М	630	18,5	12,5-1600	3655x1590x1420	4,4

Таблица 14 – Приспособления

Номер операции	Наименование операции	Приспособления
020	Токарная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80
025	Фрезерная	Приспособления универсально-сборочные переналаживаемые ГОСТ 31.2031.01-91
030	Расточная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; прибор активного контроля при растачивании ГОСТ 28840-90
035	Хонинговальная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80
040	Полировальная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; прибор активного контроля круглошлифовального станка.
045	Хромирование	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80
050	Шлифовальная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; прибор активного контроля круглошлифовального станка.
055	Хонингование	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80
060	Полировальная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; прибор активного контроля круглошлифовального станка.

Продолжение таблицы 14

Номер операции	Наименование операции	Приспособления
065	Расточная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; прибор активного контроля при растачивании ГОСТ 28840-90
070	Токарная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80
075	Шлифовальная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; Прибор активного контроля круглошлифовального станка
080	Токарная	Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80

Таблица 15 – Режущий инструмент

Операция	Наименование операции	Материал инструмента	Режущий инструмент
020	Токарная	ВК6	Резец проходной упорный ГОСТ 18879-73
025	Фрезерная	P6M5 P6M5 P6M5	Фреза шпоночная Ø8 ГОСТ 9140-78 Сверло из быстрорежущей стали под M12 ГОСТ 14952-75 Сверло из быстрорежущей стали под M6 ГОСТ 14952-75
030	Расточная	T15K6	Борштанга расточная Ø32 ГОСТ 13895-75
035	Хонинговальная	АС6	Бруски алмазные хонинговальные ГОСТ 25594-83
040	Полировальная	Круг полировальный ГОСТ 51967-2002	
050	Шлифовальная	Круг шлифовальный ГОСТ 52781-2007	

Продолжение таблицы 15

Операция	Наименование операции	Материал инструмента		Режущий инструмент
055	Хонингование	АС6		Бруски алмазные хонинговальные ГОСТ 25594-83
055	Хонингование	АС6	Бруски алмазные хонинговальные ГОСТ 25594-83	
060	Полировальная	Круг полировальный ГОСТ 51967-2002		
065	Расточная	T15K6	Резец расточной ГОСТ 18883-73	
070	Токарная	P18	Метчик для метрической резьбы М6 ГОСТ 3266-81	
		P18	Метчик для метрической резьбы М12 ГОСТ 3266-81	
075	Шлифовальная	Круг шлифовальный ГОСТ 52781-2007		
080	Токарная	BK6	Резец проходной ГОСТ 18879-73	

Таблица 16 – Контрольно-измерительные приборы

Операция	Наименование операции	Контрольно-измерительные приборы
020	Токарная	Штангенциркуль ГОСТ 166-89
025	Фрезерная	Штангенциркуль ГОСТ 166-89 Пробка для метрической резьбы М6 и М12 ГОСТ 17756-72
030	Расточная	Штангенциркуль ГОСТ 166-89
035	Хонинговальная	Профилометр контактный ГОСТ 19300-86
040	Полировальная	Прибор активного контроля круглошлифовального станка.
045	Хромирование	
050	Шлифовальная	Прибор активного контроля круглошлифовального станка
055	Хонингование	Профилометр контактный ГОСТ 19300-86
060	Полировальная	Прибор активного контроля круглошлифовального станка.

Продолжение таблицы 16

065	Расточная	Штангенциркуль ГОСТ 166-89, Прибор активного контроля при растачивании ГОСТ 28840-90
070	Токарная	Штангенциркуль ГОСТ 166-89
075	Шлифовальная	Прибор активного контроля круглошлифовального станка
080	Токарная	Штангенциркуль ГОСТ 166-89

Выводы по разделу

В данном разделе описывается технологическая часть производства детали проушины.

В первую очередь был выбран тип производства для нашей детали с выпуском 100 штук в год как мелкосерийный.

Для детали проушины из стали 45 был рассчитан способ изготовления заготовки – поковка для проушины и прокат для трубы. Были спроектированы как табличные, так и расчётные припуски.

Был составлен маршрут обработки поверхностей с указанием точности и шероховатости, был также разработан технологический маршрут обработки как трубы, так и проушины для дальнейшей сварки и обработке. Для поверхности 12, как самой точной поверхности и самой требовательной, и для поверхности 23, как самой долгой в изготовлении были проведены расчёты режимов резания и нормирования операций и занесены в таблицы. Были выбраны станки и описаны их основные характеристики, выбраны режущие инструменты и технологическая оснастка, выбраны контрольно-измерительные приборы. Всё это было структурировано и занесено в таблицы, для более лёгкого использования во время разработки маршрутной карты и операционной карты и другой технологической документации.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Проектирование приспособления

«Обеспечение заданной высокой точности является важнейшей задачей современного машиностроения. Одной из сложнейших технологических задач сегодня является обеспечение высокой точности обработки глубоких отверстий, в том числе глухих. Несмотря на достаточно хорошо разработанную технологию обработки отверстий, при увеличении их длины значительно снижается точность». [10]

«При глубоком консольном растачивании возникающие нагрузки приводят к упругой деформации шпинделя расточного станка, что значительно ухудшает точность получаемого отверстия, а именно: увод оси и погрешности формы. Поэтому совершенствование процесса растачивания глубоких глухих отверстий требует проработки и научного обоснования, реализующихся при этом механизмов формообразований». [11]

Для уменьшения упругих деформаций шпиндельного узла чаще всего применяют приспособления, которые отслеживают в режиме реального времени увод оси обрабатываемого изделия и корректируют программу, а также используют инструмент с плавающей режущей пластиной и специальные расточные головки со смещённым резцом. «Данные приспособления дорогостоящи, трудоёмки и, что самое главное, не универсальны, в следствии чего требуют долгой переналадки, а в случае изменения диаметра отверстия или других условий так вообще изготовления нового приспособления». [12]

Для повышения точности изготовления глубоких глухих отверстий, таких как поверхность 12, воспользуемся приспособлением, изображённое на рисунке 2, которое обеспечивает дополнительную жёсткость конструкции и тем самым обеспечивает более точное изготовление отверстий.

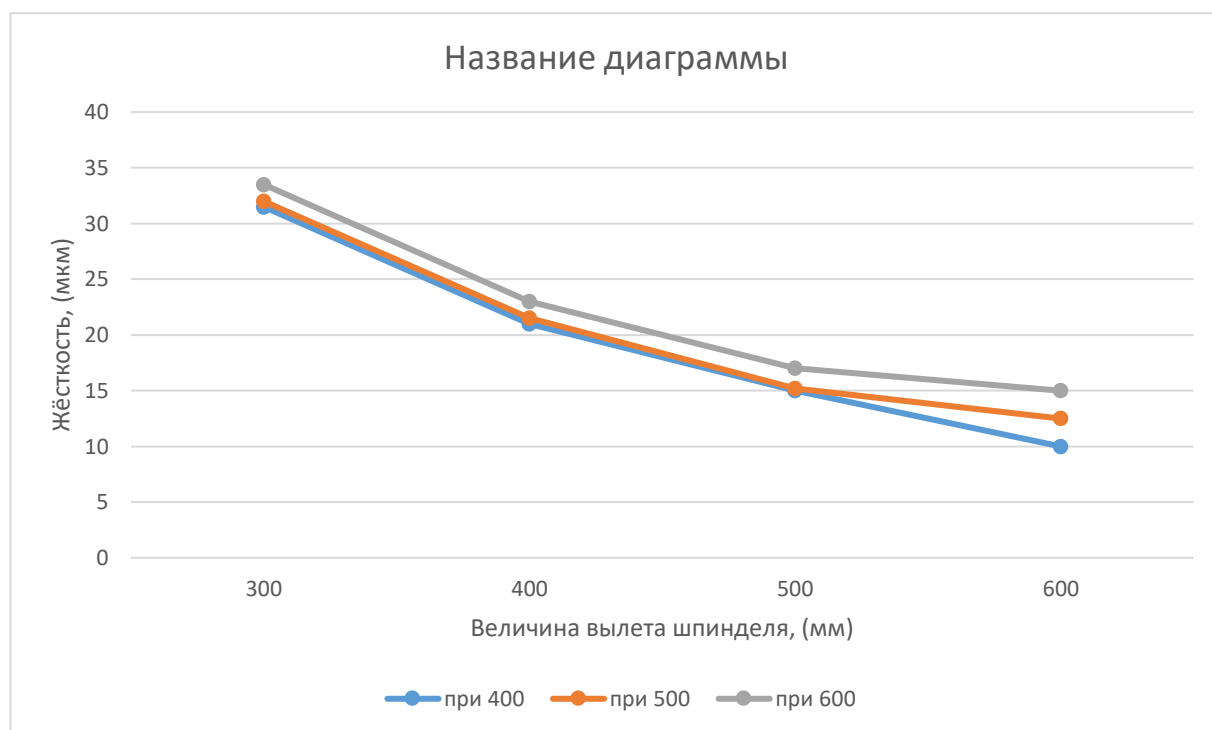


Рисунок 3 – Изменение жёсткости по мере увеличения вылета шпинделя

3.2 Проектирование борштанги

Для обработки отверстий с изменением диаметра в большую сторону используют процесс растачивания. Обработка растачиванием используется для двух самых важных поверхностей, поверхности 12 и 23, которые являются самой ответственной и самой долгой по изготовлению соответственно.

Для глубокого и глухого отверстия используют растачивание и расточные станки с использованием такого режущего инструмента как борштанга.

Борштанга – режущий инструмент, представляющий из себя длинную оправку с внутренним демпфером и режущей частью, на которой закреплена режущая пластина. Представлена на рисунке 4

Улучшением растачивания занимались давно и долго и нашли несколько способов для увеличения эффективности расточных работ. С приходом эры цифровизации можно использовать системы автоматического управления,

использующие датчики, которые будут следить за биением или вибрацией резца, нагревом резца и заготовки и так далее. Вторым способом улучшения эффективности растачивания – это оптимизация режимов резания, геометрии режущей пластины, подача охлаждающей жидкости, но всё это подбирается исключительно к конкретным условиям резания.

Наиболее эффективным способом улучшения эффективности растачивания это повысить производительность инструмента, точность, стойкость. Для этого используют разнообразные крепления режущих пластин, использование стружколомов, но самым эффективным является использование механизмов гашения колебаний режущего инструмента.

Данный способ универсальный и подходит под разнообразные задачи растачивания. Для настройки эффективности гашения вибраций и колебаний проводят регулировку степени сжатия демпфирующих элементов.



Рисунок 4 – Борштанга

«Конструкция должна иметь высокую жесткость. Современные оправки (резцы) при больших вылетах делают с твердосплавным монолитным хвостовиком, к которому припаивается стальной корпус демпфера, внутри которого на резинках закреплен сам демпфер в масле (зачастую твёрдосплавный груз, в котором иногда есть перепускные каналы для масла)». [13]

Вывод по разделу

Разработаны приспособления для увеличения жёсткости конструкции путём увеличения сечения расточного шпинделя станка, что в свою очередь позволяет уменьшить вибрации во время обработки отверстия и уменьшить увод оси при растачивании и режущий инструмент, который позволяет проточить глубокое глухое отверстие для выполнения растачивания поверхностей 12 и 23.

В данном разделе были проведены все расчёты и проектирование, которые были написаны выше, можно сделать вывод о том, что данный раздел выполнен в полном объёме.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Проанализируем предыдущие разделы работы и определим потенциально опасные и вредные факторы производства данной детали. Занесём в таблицу 17 результаты.

Таблица 17 – Технологический паспорт объекта

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материал вещества» [14]
Технологический процесс изготовления гильзы технологической установки	Заготовительная	Резчик труб и заготовок	8В66 станок отрезной круглопильный	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Заготовительная	Кузнец на молотах и прессах	Пресс	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Токарная	Токарь	Токарно-винторезный станок 1М63М	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Токарная	Токарь	Токарно-винторезный станок 1М63М	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость

Продолжение таблицы 17

«Технологический процесс» [15]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [16]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [6]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [6]	«Материал вещества» [17]
Технологический процесс изготовления гильзы технологической установки	Фрезерная	Фрезеровщик	Консольно-фрезерный станок вертикальный 6М13П	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Расточная	Оператор станков с ЧПУ	Горизонтально-расточной станок ЧПУ 2В622Ф4	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Хонинговальная	Хонинговальщик	Хонинговальный вертикальный станок 3К833	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Полировальная	Шлифовщик	Универсальный круглошлифовальный станок SU315	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	Хромирование	Гальваник	Универсальный круглошлифовальный станок SU315	Хром, ветошь

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В каждом производстве на каждой операции изготовления детали, заготовки и обработки детали есть риски, которые плохо сказываются на здоровье. Риски, связанные с вредными и опасными факторами, которые всегда накладываются на рабочего представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Профессиональные риски

«Технологическая операция» [18]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [6]
Заготовительная	«ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов. Движущиеся твердые объекты.» [7]	8В66 станок отрезной круглопильный
Заготовительная	«ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов. Движущиеся твердые объекты.» [19]	Пресс
Токарная Фрезерная Расточная Шлифовальная Хонинговальная Полировальная	«Факторы физического воздействия: Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с электромагнитными полями Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания) Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия: Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов.» [20]	Токарно-винторезный станок 1М63М Консольно-фрезерный станок вертикальный 6М13П Горизонтально-расточной станок ЧПУ 2В622Ф4 Универсальный кругло шлифовальный станок SU315 Хонинговальный вертикальный станок 3К833 Универсальный кругло шлифовальный станок SU315

Проведя анализ, мы занесли в таблицу 18 все опасные риски при производстве детали.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

После выявления профессиональных рисков, которые воздействуют на рабочих примем меры по снижению данных рисков, воспользовавшись 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». [4]

Таблица 19 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасные и вредные производственные факторы	«Технические средства, организационные методы» [7]	«Средства индивидуальной защиты» [7]
«Неподвижные части колющие, режущие, обдирающие части твердых объектов Движущиеся твердые объекты ОВПФ, связанные с чрезмерным высоким уровнем температуры объектов» [7]	«Защитный кожух на станке, ограждения Инструктажи по охране труда» [7]	«Костюм для защиты от загрязнений, перчатки с полимерным покрытием, ботинки кожаные, очки защитные» [7]
«Факторы химического воздействия: токсического, раздражающего (через органы дыхания)» [7]	«Организация вентиляции Инструктажи по охране труда» [7]	-
«ОВПФ, связанные с механическими колебаниями твердых тел» [7]	«Виброгасящие опоры снизить время контакта с поверхностью подверженной вибрации Инструктажи по охране труда» [21]	«Резиновые виброгасящие покрытия» [7]
«ОВПФ, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания» [7]	«Организация вентиляции Инструктажи по охране труда» [7]	-
«ОВПФ, связанные с акустическими колебаниями твердых тел» [22]	«Использование звукопоглощающих Материалов Инструктажи по охране труда» [7]	«Применение противозумных вкладышей» [7]
«ОВПФ, связанные с электрическим током ОВПФ, связанные с	«Заземление станка изоляция токоведущих частей применение предохранителей Инструктажи по охране труда	«Резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием» [7]

Продолжение таблицы 19

Опасные и вредные производственные факторы	«Технические средства, организационные методы» [7]	«Средства индивидуальной защиты» [7]
электромагнитными полями» [7]	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов» [7]	-
«Статическая нагрузка Перенапряжение анализаторов» [7]	«Организация освещения Инструктажи по охране труда» [7]	-

Рассмотрим средства пожаротушения в таблицах 20 и 21.

Таблица 20 – Средства пожаротушения

Средства пожаротушения				Оборудование
первичные	мобильные	стационарные	автоматические	
«Ящик с песком, пожарный гидрант, огнетушители» [7]	«Пожарные автомобили» [23]	«Пенная система тушения» [7]	«Технические средства по оповещению и управлению эвакуацией» [7]	«Напорные пожарные рукава» [7]

Таблица 21 – Средства защиты и пожаротушения

Средства индивидуальной защиты	Инструмент	Сигнализация
«Веревки пожарные карабины пожарные противогазы, респираторы» [7]	«Лопаты, багры, ломы и топоры ЩП-Б» [24]	«Автоматические извещатели» [7]

Определим опасные и вредные экологические факторы объекта производства нашей детали. Занесём их в таблицы 22.

Таблица 22 – Экологические опасные факторы производства

«Производственный техпроцесс» [7]	«Структурные элементы техпроцесса» [7]	«Опасные и вредные выбросы в воздух» [7]	«Сточные воды» [7]	«Воздействие объекта на литосферу» [7]
«Технологический процесс изготовления гильзы технологической установки» [7]	«Токарно-винторезный станок 1М63М» [7]	«Стружка Токсические испарения масляный туман» [7]	«Взвешенные вещества и нефтепродукты отработанные жидкие среды» [7]	«Отходы стружки Промасленная ветошь Растворы жидкостей» [7]
	Реактивы для хромирования	Токсические испарения	Примеси металла	Притягивание большого количества тяжёлых металлов

Разработаем мероприятия для предотвращения негативного влияния производственных факторов на воздух, воду и землю при рассматриваемом производстве детали, обеспечивающие соблюдения действующих законов и ГОСТов и занесём всё в таблицу 23.

Таблица 23 – Мероприятия по снижению влияния факторов на окружающую среду

«Объект воздействия» [7]	«Технологический процесс изготовления гильзы технологической установки» [7]
«на атмосферу» [7]	«Очистные сооружения и фильтры для принудительной вентиляции помещений» [25]
«на гидросферу» [7]	«Многоступенчатая очистка сточных вод, Замкнутая система обеспечения водой станков» [7]
«на литосферу» [7]	«Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов» [7]

Проанализировав все ступени производства гильзы, мы определили:

- технологический паспорт объекта таблица 17, в котором указали все операции производства гильзы, также указали должность рабочего,

оборудование на котором он работает и материал заготовки, которую он обрабатывает;

- Проанализировали профессиональные риски и занесли в таблицу 18;
- Проанализировали факторы ОВПФ и занесены мероприятия по их снижению в таблицу 19;
- Проанализировали средства пожаротушения и занесли в таблицу 20;
- Проанализировали средства защиты и пожаротушения и занесли в таблицу 21;
- Проанализировали экологические опасные факторы производства, в которые входят опасные и вредные выбросы в атмосферу, гидросферу и литосферу и занесли в таблицу 22;
- Проанализировали мероприятия по снижению влияния факторов на окружающую среду и занесли в таблицу 23.

В данном разделе был проведён анализ экологических вредных веществ, который был написан выше, можно сделать вывод о том, что данный раздел выполнен в полном объёме.

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел бакалаврской работы представляет собой экономические расчёты и экономический эффект внедрения новых технологий, станков, режущего инструмента, оснастки и много другого.

Данные по маршруту изготовления детали, режимы резания, время изготовления, станки, оснастка, режущий материал, безопасность производства и экологические факторы были представлены в разделах ранее.

В нашем случае экономический эффект достигается путём использования приспособления для растачивания, что приводит к более жёсткому закреплению режущего инструмента, что приводит к возможности увеличения сил резания, что способствует уменьшению времени обработки.

В результате использования приспособления для растачивания мы уменьшили время изготовления детали на 0,24 часа, что составляет 16% от времени изготовления до внедрения приспособления.

Для начала рассчитаем себестоимость изготовления деталей до и после внедрения приспособления и занесём все значения в рисунок 4.

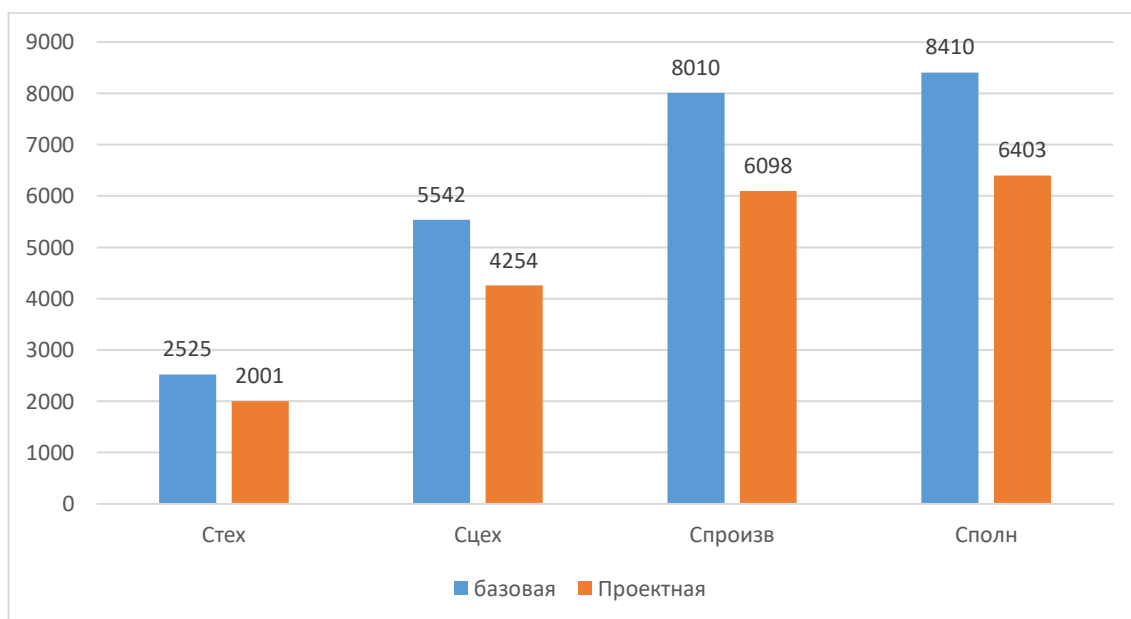


Рисунок 4 – Значения себестоимости, руб.

На рисунке 4 представлены значения себестоимости, а именно:

1. $C_{\text{тех}}$ – технологическая себестоимость изготовления детали
2. $C_{\text{цех}}$ – цеховая себестоимость изготовления детали
3. $C_{\text{произв}}$ – производственная себестоимость изготовления детали
4. $C_{\text{полн}}$ – полная себестоимость изготовления детали

«Опираясь на экономическую теорию можно сказать, что понятие капитальное вложение является по своей сути разновидностью реальных инвестиций. Капитальные вложения - это составная часть капиталобразующих инвестиций. Они представляют собой затраты, которые направляются на создание и воспроизводство основных средств. Капитальные вложения являются необходимым условием существования предприятия. Пренебрегая ими, фирма может увеличить свою прибыль в краткосрочном периоде, но в долгосрочном периоде это приведет к потере прибыли и предприятие не сможет конкурировать на рынке. В состав капитальных вложений входят: затраты на приобретение новых основных средств (оборудование, станки, машины); затраты на строительно-монтажные работы; затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР), проектно-изыскательские работы, инвестиции в трудовые ресурсы и прочие затраты» [11]

После расчёта себестоимости изготовления деталей, производим расчёт капитальных вложений и заносим все значения на рисунок 5.

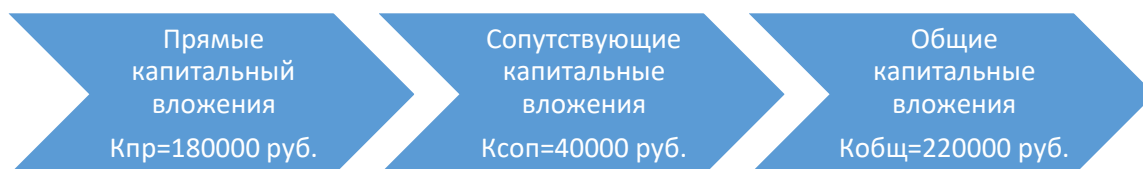


Рисунок 4 – Капитальные вложения.

Далее посчитаем экономическую эффективность изготовления с применением новой технологической оснастки и занесём все значения на рисунок 5.

Результаты расчётов

Ожидаемая прибыль $P_{ож}=200700$ руб.

Чистая прибыль $P_{чис}=152532$ руб.

Срок окупаемости $T_{ок}=1,5$ года

Экономический эффект $E_{эф}=79932$ руб.

Рисунок 5 – Экономический эффект.

Таким образом в данном разделе мы посчитали экономическую эффективность производства из которой можно сделать вывод, что использование приспособления для растачивания окупится в течении 1,5-2 лет после начала использования, а учитывая, что данное приспособление является универсальным и подходит для любого типа режущего инструмента, а не конкретного, то можно сделать вывод, что экономический эффект после внедрения данного приспособления будет значительно выше и окупится гораздо раньше.

Заключение

В ходе данной выпускной квалификационной работы, были произведены ряд работ и расчётов. Закрепили изучаемый материал на лекциях и практических занятиях за весь период обучения, а также научились пользоваться учебной и методической литературой для более глубокого погружения и ознакомления с методами технологической разработкой детали.

Были проанализированы исходные данные детали и где она применяется, была произведена нумерация поверхностей, записан химический состав и физические свойства стали 45 из которой была выполнена деталь. Был произведён анализ технологичности детали, в котором были выявлены некоторые не технологические особенности, такие как глубокое не сквозное отверстие, обработка которого будет затруднена, но при использовании люнета возможна. Был выбран тип производства детали и произведён анализ получения заготовки, самой дешёвой заготовкой является поковка. Далее был составлен маршрут обработки поверхностей и произведён расчёт припусков и допусков поковки, разработан технологический маршрут обработки. Были произведены расчёты режимов резания и нормирования операции изготовления детали и рассчитано общее время изготовления детали. Произведён анализ и заполнены таблицы со станками и их основными характеристиками, составлены таблицы для каждой операции по режущему инструменту, оснастке и контрольно-измерительным приборам.

Также было произведён патентный анализ и поиск нужного приспособления и доработка режущего инструмента с использованием демпфирующих устройств.

Произведён анализ на экологичность и безопасность жизнедеятельности при изготовлении данной детали.

Произведён расчёт на экономической эффективности.

Список используемой литературы

1. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
2. Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
3. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
4. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с
5. Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. (под ред.). Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Москва: Машиностроение, 2003 – Т.2 – 944с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с
7. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7.
8. Куликов М.Ю. Повышение точности консольного растачивания глубоких отверстий . автореферат / М.Ю. Куликов. – Москва : Изд-во 11-й Формат, 2012. – печатное издательство.
9. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0771-2.

10. Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А. С. Мельников, М. А. Тамаркин, Э. Э. Тищенко, А. И. Азарова ; под общей редакцией А. С. Мельникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 420 с. — ISBN 978-5-8114-3046-8.

11. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения»/ Козлов А.А., Кузьмич И.В., Солдатов А.А. — Тольятти: ТГУ, 2019. 210 с.

12. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций : электронное учеб.-метод. Пособие / Д.А. Расторгуев. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. — оптический диск.

13. 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. — 52 М.: Высш. шк., 2007. — 272 с.

14. Справочник нормировщика-машиностроителя : в 4т. Т. 1. Основы технического нормирования / А.Д. Гольцова [и др.]. — М. Машгиз, 1959. — 676 с.

15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

16. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

17. 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.

18. 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.

19. Технология машиностроения : учебник для вузов. В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения / В. М. Бурцев, А.С. Васильев, А. М. Дальский [и др.] ; под общ. Ред. А. М. Дальского. – 2-е изд., стер. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 563 с.

20 Ткачук К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

21. Alexander H. Slocum. Precision Machine Design. Society of Manufacturing Engineers, 1992, 750 p. - ISBN 0872634922, 9780872634923.

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

23. Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

24. Linke B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive ToolsSpringer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

25. Manfred W, Christian B. Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme. Springer Berlin Heidelberg, 2006, 599 p. - ISBN 3540280855, 9783540280859.

Приложение А

Маршрутные карты

Таблица А.1 – Маршрутная карта трубы

ГОСТ 3.1404-86															Форма 1	
Деталь	Взам	Подп														
Разработ.			Зайцев А.В.													
Проектиров.			Зотов А.В.													
Утв.			Логинов Н.Ю.													
М. эксл.																
Н. контро.			Зотов А.В.													
М 01			Сталь 45 ГОСТ 1050-2013													
М 02			Код	ЕН	МД	ЕВ	Н. рас. х.	КлМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ				
			04	166	3,7	1	0,8	5	φ70x320	1	4,66					
А			Цех	Уч.	РМ	Опер	Код наименования операции			Обозначение документа						
							Код наименования оборудования	СМ	Проф.	Р	Ут	Кр	Койд	ЕМ		
А 03			1	1	1	1	000 Заготовительная									
04																
А 05			005 Токарная													
Б 06			38148 Токарно-винторезный станок 1М63М													
0 07			Точить поверхность 2,10,13,14 начерно и начисто под размеры φ50 l=14 мм, φ69 l=30 мм, φ61 l=13 мм,													
0 08			φ69 l=13 мм.													
Т 09			396111 Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80, 392113 Резец													
Т 10			проходной ципорный ГОСТ 18879-73, 392121 Резец расточной из быстрорежущей стали ГОСТ 18873-73,													
Т 11			393312 Штангенциркуль ГОСТ 166-89.													
12																
А 13			010 Контрольная													
14																
А 15			015 Маркировальная													
16																
МЖ			Механической обработки													

Продолжение Приложения А

Таблица А.2 – Маршрутная карта проушины

ГОСТ 3.14.04-86

Формы 1

Изм.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			</
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

ГОСТ 3. М18-82

ГОСТ 3. М18-82

ГОСТ 3. М18-82

ГОСТ 3. М18-82

ГОСТ 3. М18-82

ГОСТ 3. М18-82

А		ИЭК	У4	РН	Опер	Код наименования операции		СМ	Проф	Р	Ут	Кр	КОМЛ	ЕМ	ОП	Клп	Тпз	Галт	
Б		К/н		Наименование детали, сб. единицы или материала		Код наименования обработки		Наименование детали, сб. единицы или материала		Код наименования обработки		Наименование детали, сб. единицы или материала		Код наименования обработки		Наименование детали, сб. единицы или материала		Код наименования обработки	
Т 01		упорный		ГОСТ 18879-73; 393312 Штангенциркуль ГОСТ 166-89.															
02																			
03																			
04																			
05																			
06																			
07																			
08																			
А 09																			
Б 10																			
О 11																			
Т 12																			
Т 13																			
Т 14																			
15																			
А 16																			
17																			
МК																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.2

</																			

Продолжение Приложения А

Таблица А.3 – Маршрутная карта гильзы

ГОСТ 3.404-86												Формат 1												
Вид																								
Повн																								
Разработ.	Зайцев А.В.																							
Проектир.	Зотов А.В.																							
Читб.	Лазина Н.В.																							
М. эксл.																								
Н. контр.	Зотов А.В.																							
Гильза																								
М 01 Сталь 45 ГОСТ 1050-2013																								
М 02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ											
	04	166	6,48	1			5	193x130x70				1												
А	ЦЕХ	Уч	РН	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа				СМ	Проф	Р	Уп	Кр	КММ	ЕН	ОП	Кит	Лит		
	1	1	1	1	005 Сварка																			
Б 04	345721 Полуавтоматический сварной аппарат 2 99047 4 1 1 1 2 300 1 0,12 0,3																							
О 05	Сварить друг с другом трубу и прорезину поверхности 13 и 15.																							
Т 06	392871 Тиски слесарные ГОСТ 0445-75; 324101 Проволока сварная СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70.																							
07																								
А 08	010 Отжиг																							
09																								
А 10	015 Контрольная																							
О 11	Проверить на герметичность сварной шов с помощью керосина и мела																							
12																								
А 13	020 Токарная 2 96061 4 1 1 1 2 300 1 0,3 4,2																							
Б 14	381148 Токарно-винторезный станок 1М63М																							
О 15	Точить начерно и начисто поверхность 3,4,5,6,8,14 под ф62, ф65h9 l=10 мм, ф70 l=16 мм, ф70 l=52 мм, ф69.																							
Т 16	396111 Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 392113 Резец																							
МК	Механической обработки																							

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.3

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.3

А	В	К/М	Мех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф	Р	Ум	Кр	КОИД	ЕМ	ОП	Кшт	Тшт	Кшт	Тшт
Наименование детали, ее единицы или материала																			
035 Хонинговальная																			
А 01																			
Б 02	381836							2	101406	4	1	1	1	1	2	300	1	0,4	4,68
О 03	Шлифовать поверхность 12 начисто и тонко под $\phi 54,8$ $l=313$ мм.																		
Т 04	396111																		
Т 05	алмазные хонинговальные ГОСТ 25594-83. 394621 Прибор активного контроля хонинговального станка.																		
Т 06																			
07																			
040 Полировальная																			
А 08	381311							2	99407	4	1	1	1	1	2	300	1	12	116
Б 09	Полировать поверхность 12 под $l=313$ мм.																		
О 10	396111																		
Т 11	самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80. 398574 Круг																		
Т 12	полировальный ГОСТ 51967-2002. 394621 Прибор активного контроля круглошлифовального станка																		
13								2	99407	4	1	1	1	1	2	300	1	26	5,95
045 Хромирование																			
А 14	Хромировать поверхность 12.																		
Б 15																			
050 Шлифовальная																			
О 16																			
Т 17	381311							2	99407	4	1	1	1	1	2	300	1	0,37	6,34
МК	Механической обработки																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.3

ГОСТ 3.118-82

ФОРМА 8

А	ВЕРХ	4	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа										Инт	Глз	Инт	Глз
						СМ	Проф	Р	Уп	Кр	КОИД	ЕМ	ОП	Кит	Глз				
Б	Наименование детали со всеми ее элементами																		
Т 01	Шлифовать поверхность 4,8 начисто под $\phi 65$ l=10 мм, $\phi 70$ l=51 мм.																		
02	396111 Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 397110 Круг																		
А 03	шлифовальный ГОСТ 52781-2007; 394621 Прибор активного контроля круглошлифовального станка																		
О 04																			
05	055 Хонинговальная																		
А 06	381836 Хонинговальный станок ЗК833																		
Б 07	Шлифовать поверхность 12 начисто и тонко под $\phi 54,8$ l=313 мм.																		
О 08	396111 Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 384155 Брус																		
Т 09	алмазные хонинговальные ГОСТ 25594-83; 394621 Прибор активного контроля хонинговального станка.																		
Т 10																			
11	060 Полировальная																		
А 12	381311 Круглошлифовальный станок SU315																		
Б 13	Полировать поверхность 12 под $\phi 55H9$ l=313 мм.																		
О 14	396111 Самоцентрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 398574 Круг																		
Т 15	полировальный ГОСТ 51967-2002; 394621 Прибор активного контроля круглошлифовального станка.																		
Т 16																			
17																			
МК	Механической обработки																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.3

ГОСТ 3.118-82

ФОРМА 8

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа											
						СМ	Проф	Р	Ут	Кр	КОИД	ЕМ	ОП	Конт	Паз	Лист	
Б	Наименование оборудования																
К/М	Наименование детали, с/з, единицы или материала																
065 Расточная																	
А 01																	
Б 02	381261	Горизонтально-расточной станок 28622Ф4 2	97007	4	1	1	1	1	1	1	2	100	1	0,5	6,1		
О 03	Расточить поверхности 21,22,23,24 под $\phi 80$, $\phi 90H7$, $\phi 93,5^{+0,35}$, $\phi 99,5$																
Т 04	396111	Самодетрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 392121 Резец															
Т 05	расточной ГОСТ 18883-73; 93312 Штангенциркуль ГОСТ 166-89; 394631 Прибор активного контроля при																
06	расточивании ГОСТ 28840-90.																
А 07																	
Б 08					070 Токарная												
О 09	381148	Токарно-винторезный станок 1М63М	2	96061	4	1	1	1	1	1	2	100	1	0,35	0,81		
Т 10	Нарезать резьбу 6,16,19 под $M68 \times 1,5$ $l=18$ мм, $M14 \times 1,5$ $l=13$ мм, $M6$ $l=15,5$ мм.																
Т 11	396111	Самодетрирующий 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 391311 Метчик															
Т 12	для метрической резьбы $M6$ ГОСТ 3266-81; 391311 Метчик для метрической резьбы $M12$ ГОСТ 3266-81;																
13	2650-3047 Плоска для метрической резьбы $M68 \times 1,5$ ГОСТ 9740-71; 93312 Штангенциркуль ГОСТ 166-89.																
А 14																	
Б 15					075 Шлифовальная												
О 16	381311	Круглошлифовальный станок SU315	2	99407	4	1	1	1	1	1	2	100	1	1	1,94		
Т 17	Шлифовать поверхность 23 тонко под $\phi 90H7$.																
МК	Механической обработки																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.3

Приложение Б

Операционная карта

Таблица Б – Операционная карта

ГОСТ 3.14.04-86										Формы 3	
Деталь											
Взвеш.											
Подл.											
Разработ	Инженер А.В.										
Проект	Инженер А.В.										
Н. контро.	Инженер А.В.										
Уточн.	Инженер Н.В.										
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры	
035 Расточная		Сталь 45 ГОСТ 1050-2013		HRC		HRC		HRC		193x130x70	
Обработка, установка ЧПУ		Обозначение программы		Темп		Темп		Темп		СОЖ	
281261 обработка заготовки станком 281261				2,16		0,456		10,7		3,03	
Р		ТМ		D 1000 В. мм		L мм		L мм		L мм/об	
А 01 1 Установить заготовку в приспособление. Вывернуть и закрепить.											
Б 02 396111 Самоцентрирующийся 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 301528											
Т 03 Люнет ГОСТ 21190-75; Приспособление специальное.											
04 2. Точить начерно цилиндрическую поверхность 12.											
05 291241 Борштанга расточная Ø32 ГОСТ 13895-75; 93312 Штангенциркуль ГОСТ 166-89.											
06				53,8		286		19		2 0,3	
07 3. Точить начисто цилиндрическую поверхность 12.											
08 291241 Борштанга расточная Ø32 ГОСТ 13895-75; 93312 Штангенциркуль ГОСТ 166-89.											
09				54,6		286		0,4		2 0,07	
04. Раскрепить и снять заготовку.											
11 396111 Самоцентрирующийся 3-кулачковый патрон нормальной точности ГОСТ 2675-80; 301528											
12 Люнет ГОСТ 21190-75;											
13											
14											
15											
16											
17											
ОК											

Продолжение таблицы Б

66

Продолжение Приложения Б

Таблица Б – Операционная карта

[illegible]

Приложение В

Спецификация

Таблица В.1 – Спецификация борштанги

Лист	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Лист 1							
					Документация		
				A1	25.BKP.OTMP.005.51.00.000.CB	Сборочный чертёж	
Лист 2							
					Детали		
				1	25.BKP.OTMP.005.51.00.001	Борштанга	1
				2	25.BKP.OTMP.005.51.00.002	Резец	1
				3	25.BKP.OTMP.005.51.00.003	Винт настроечный	1
Лист 3							
					Стандартные изделия		
				4	Винт М6-6х14.68 ГОСТ 11738-84	2	
Лист 4							
Лист 5							
Лист 6							
Лист 7							
Лист 8							
Лист 9							
Лист 10							
Лист 11							
Лист 12							
Лист 13							
Лист 14							
Лист 15							
Лист 16							
Лист 17							
Лист 18							
Лист 19							
Лист 20							
Лист 21							
Лист 22							
Лист 23							
Лист 24							
Лист 25							
Лист 26							
Лист 27							
Лист 28							
Лист 29							
Лист 30							
Лист 31							
Лист 32							
Лист 33							
Лист 34							
Лист 35							
Лист 36							
Лист 37							
Лист 38							
Лист 39							
Лист 40							
Лист 41							
Лист 42							
Лист 43							
Лист 44							
Лист 45							
Лист 46							
Лист 47							
Лист 48							

Таблица В.2 – Спецификация приспособления

பெரிய நகரம்

Продолжение таблицы В.2

ΦΩΣΜΕΝΗ Α4