

Школа ИШНПТ

Направление подготовки 15. 03. 01. Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления полумуфты

УДК 621.825.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158л51	Лю Имин		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Скаковская Н.В.	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15. 03. 01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	к. т. н.		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P2	Применить глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новом оборудованием и инструментами для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
Универсальные компетенции	
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01. Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 15.03.01

_____ Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
158л51	Лю Имин

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления полумуфты	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.02.2019 г. № 1540/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Чертеж детали, годовая программа выпуска.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор научно-технической литературы, определение типа производства, составление маршрута операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и основного времени, конструирование специального приспособления.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Чертеж детали, размерный анализ, технологический процесс изготовления детали, чертеж приспособления.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Технологический и конструкторский</p>	<p>Коротков В.С.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Скаковская Н. В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Скачкова Л. А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>27.02.2019</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В. С.	К. Т. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158л51	Лю Имин		

Томск – 2019 г.

Оглавление

Реферат	8
Введение	9
1 Технологическая часть	11
1.1 Исходные данные	11
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	12
1.3 Выбор исходной заготовки	13
1.4 Определение типа производства	13
1.5 Разработка маршрута технологии изготовления кулачковой полумуфты	15
1.6 Расчет припусков и допусков, осевых и диаметральных технологических размеров	20
1.7 Определение режимов резания	27
1.8 Выбор оборудования и технологической процесса	59
1.9 Расчёт времени	63
2 Конструкторская часть	71
2.1 Разработка технического задания на проектирование станочного приспособления	71
2.2 Описание конструкции и работы приспособления	72
2.3 Определение необходимой силы зажима	73
2.4 Погрешность приспособления	74
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	77
3.1 Анализ конкурентных технических решений	77
3.2 SWOT-анализ проекта	79
3.3 Планирование проекта	80
3.4 Бюджет затрат на реализацию проекта	85
3.4.1 Расчет материальных затрат проекта	85
3.4.2 Заработная плата исполнителей проекта	86
3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	88

3.4.4 Накладные расходы	89
3.5 Формирование затрат на реализацию проекта	89
3.6 Ресурсоэффективность	89
4 Социальная ответственность	94
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	94
4.2 Производственная безопасность	95
4.2.1 Производственный шум	97
4.2.2 Освещенность	99
4.2.3 Электробезопасность	102
4.2.4 Микроклимат	103
4.3 Экологическая безопасность	105
4.4 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях	106
4.4.1 Потенциальная опасность	106
4.4.2 Противопожарная безопасность	106
Заключение	110
Список литературы	111

Реферат

Выпускная квалификационная работа 119 с., 16 рис., 18 табл., 6 источников.

Ключевые слова: Кулачковая полумуфта, расчет, приспособление, технологический, проект, безопасность.

Объектом исследования является кулачковая полумуфта.

Главными целями исследования является разработка технологического процесса обработки кулачковой полумуфты, проектирование режимов закрепления заготовки, анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения и обеспечения безопасности.

Актуальность темы заключается в том, что полумуфты являются достаточно распространёнными деталями, применяемых в различных сферах. Во многих случаях полумуфты играют определяющую роль в функционировании машины. Благодаря своим характерным особенностям, полумуфты широко применяются в металлообрабатывающих станках всевозможных двигателях, бытовых приборах и так далее.

Перспективной является его широкое применение.

В результате исследования разработан маршрут изготовления полумуфты, спроектировано приспособление для зажима заготовки, проанализирован ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Введение

Ручные машины широко применяются в строительстве и в других отраслях народного хозяйства, В строительстве наиболее широкое применение ручные машины получили при выполнении монтажных и отделочных работ.

Разработка современной технологической изготовления кулачковой полумуфты является важной задачей для обеспечения надёжной работы испытательного стэнда.

Поэтому темой ВКР является разработка технологии изготовления кулачковой полумуфты.

ВКР состоит из 4 частей: технологическая часть, конструкционная часть, часть финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения и часть социальной ответственности.

В технологической части выполнен анализ технологичности конструкции детали, определение типа производства, выбор исходный заготовка, разработка маршрута технологии изготовления кулачковой полумуфты, расчёт допусков и припусков, расчёт конструкторских и технологических размеров, расчёт режим резания, выбор средств оснащения и расчёт времени.

В конструкционной части выполнен анализ исходных данных и разработка технологического задания на проектирование станочного приспособления, разработка принципиальной расчётной схемы и компоновка приспособления, описание конструкции и работы приспособления и выбор привода зажимного устройства и расчёт его параметров.

В части финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения проанализованы конкурентные технические решения и ресурсоэффективности, разработано планирование проекта, рассчитан бюджет затрат на реализацию проекта.

В части социальной ответственности рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной

санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

1 Технологическая часть

1.1 Исходные данные

Разработать технологический процесс изготовления изделия, представленного на рисунке. Годовая программа выпуска 2000 штук.

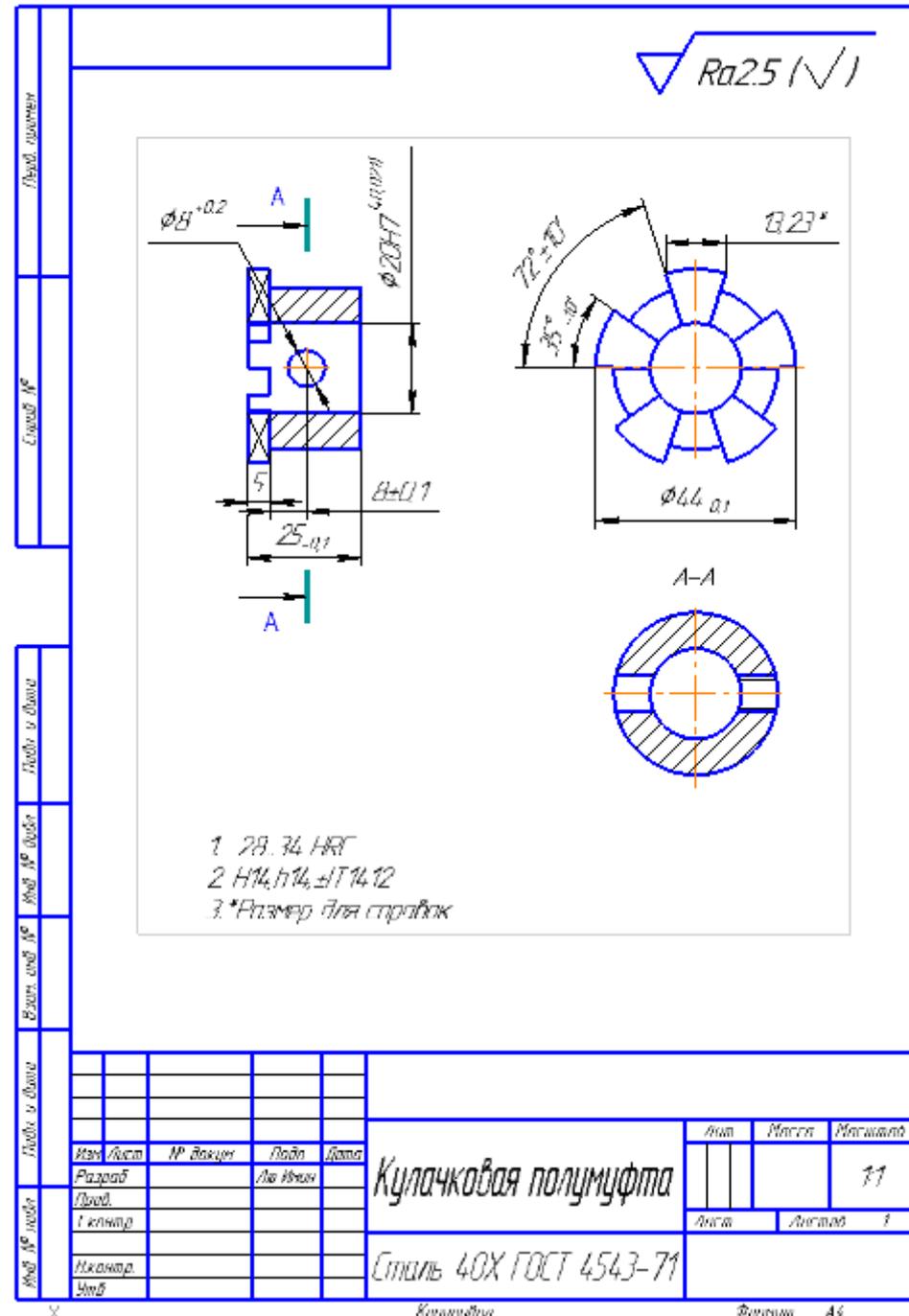


Рисунок 1– Чертеж детали

1. 2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь кулачковая полумуфта изготовлена из стали 40х, представляет собой тело вращения, расположенная на конце вала. Во время работы, одна полумуфта входит во впадины другой, чтобы соединять валы и передавать крутящий момент. Кулачковая муфта относится к типу сцепных управляемых муфт. Муфта предназначена для присоединения электродвигателя к приборным механизмам. Соединяет валы, который в рабочем процессе имеют незначительные перекосы и смещения осей. Упругий элемент (венец) позволяет компенсировать незначительные осевые, радиальные и угловые смещения.

Сталь 40х применяют для изготовления валов, штоков, шпинделей, оправок, болтов, втулок и других улучшаемых деталей повышенной прочности.

Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Шероховатость поверхностей детали составляет Ra 2,5.

Наличие 1 резьбового отверстия М8-6Н, 1 отверстия $\varnothing 8^{+0,2}$ и радиального отверстия $\varnothing 20H7^{+0,021}$.

Химический состав стали 40х:

Таблица 1 – Химический состав стали 40х

Химический элемент	%
Кремний (Si)	0,17-0,37
Медь (Cu), не более	0,30
Марганец (Mn)	0,50-0,80
Никель (Ni), не более	0,30
Фосфор (P), не более	0,035
Хром (Cr)	0,80-1,10
Сера (S), не более	0,035
Железо(Fe)	97
Углерод(C)	0,36-0,44

1.3 Выбор исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 40Х), её габаритов и массы, требований к механическим свойствам (особых требований нет), а также типом производства (мелкосерийное) выбираем в качестве исходной заготовки – прокат горячекатаный.

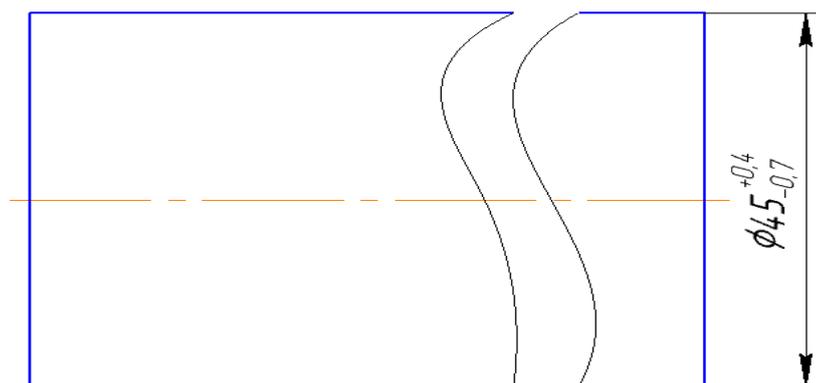


Рисунок 2 – Заготовка

1.4 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [4, стр. 20]:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}}$$

Где $t_{в}$ – такт выпуска детали, мин. ;

$T_{ср}$ – среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле [4, стр. 21]:

$$t_g = \frac{F_2}{N_2},$$

Где F_r – годовой фонд времени работы оборудования, мин. ;

N_r – годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по таблице [4, стр. 22] при двухсменном режиме работы: $F_r = 4029$ ч. Тогда :

$$t_g = \frac{F_2}{N_2} = \frac{4029 \cdot 60}{2000} = 120,87 \text{ мин.}$$

Среднее штучно – калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n},$$

Где $T_{ш.к.i}$ – штучно-калькуляционное время i - ой основной операции, мин. ;

n – количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 5 операций ($n=5$):

заготовительная операция, токарная операция, сверлильная операция, фрезерная операция и слесарная операция.

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{0,87 + 11,37 + 4 + 0,155 + 0,042}{5} = 3,29 \text{ мин.}$$

Тип производства определяем по формуле:

$$K_{з.о.} = \frac{t_g}{T_{cp}} = \frac{120,87}{3,29} = 36,7$$

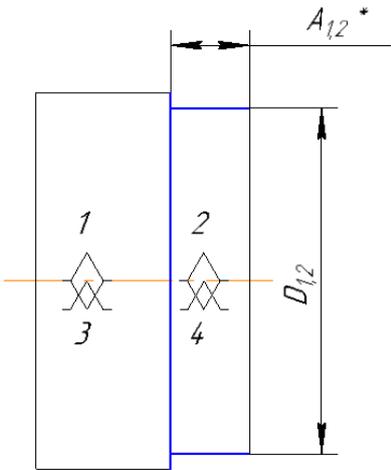
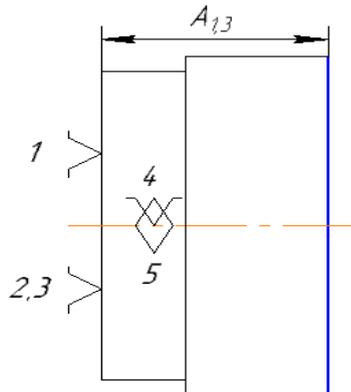
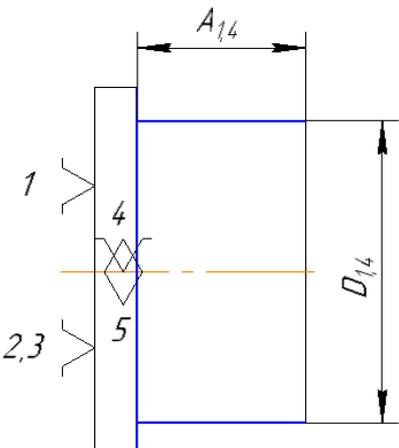
Так как $20 < K_{з.о.} = 36,7 < 40$, то тип производства – мелкосерийное производство.

1.5 Разработка маршрута технологии изготовления кулачковой полумуфты

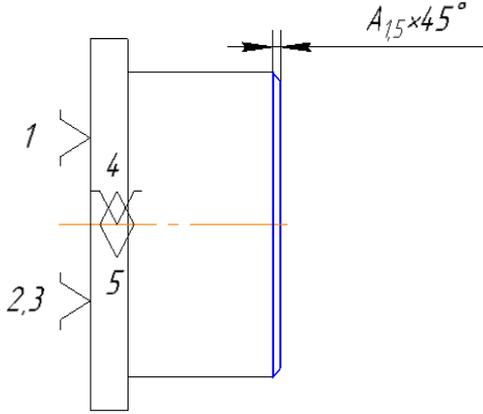
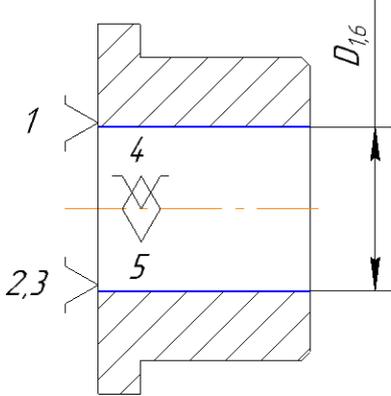
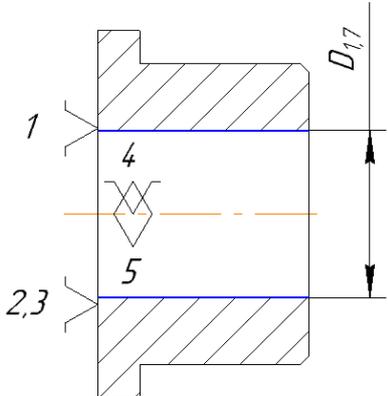
Таблица 2 – Маршрут технологии изготовления кулачковой полумуфты

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операци	Переход		
0	A	<u>Заготовительная</u> Установить и снять прутки	
	1	Отрезать, выдерживая размер $A_{0,1}$	
1	A	<u>Токарная с ЧПУ</u> установить и снять заготовку.	
	1	Подрезать торец, выдержав размер $A_{1,1}$	

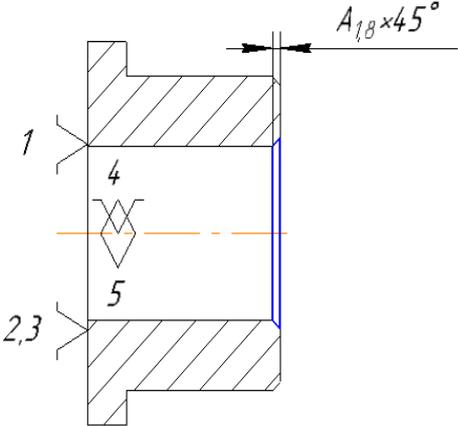
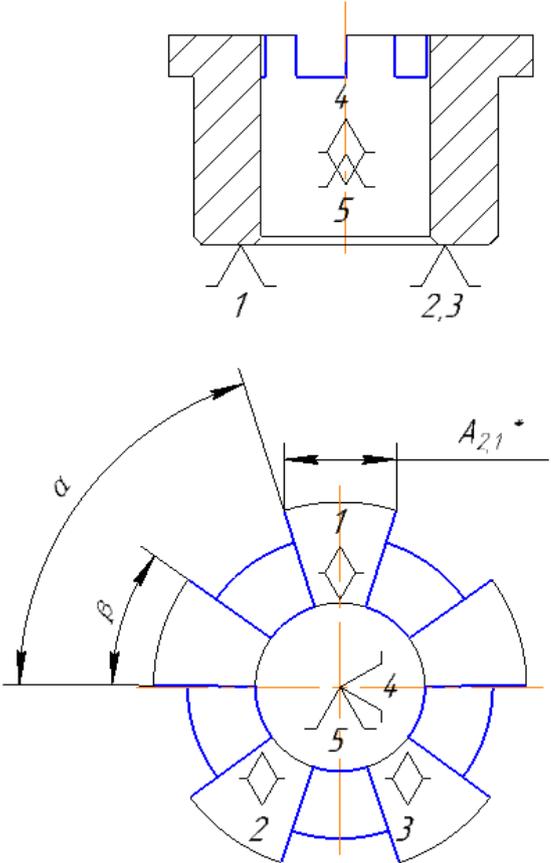
продолжение таблицы 2

1	2	<p><i>Точить, выдерживая размеры D_{12} и A_{12}^*</i></p>	 <p>The drawing shows a cylindrical part with a diameter D_{12} and a length A_{12}^*. A blue outline highlights the section to be machined. A horizontal orange line indicates the centerline. Two diamond-shaped symbols are shown: one labeled '3' on the left and one labeled '4' on the right, both positioned on the centerline. The number '1' is above the left diamond and '2' is above the right diamond.</p>
1	3	<p><i>Снять и установить заготовку. Подрезать торец, выдержав размер A_{13}</i></p>	 <p>The drawing shows a cylindrical part with a diameter A_{13}. A blue outline highlights the section to be machined. A horizontal orange line indicates the centerline. Two diamond-shaped symbols are shown: one labeled '4' above the centerline and one labeled '5' below the centerline. The number '1' is above the left diamond and '2,3' is to the left of the right diamond.</p>
1	4	<p><i>Точить, выдерживая размеры A_{14} и D_{14}</i></p>	 <p>The drawing shows a cylindrical part with a diameter D_{14} and a length A_{14}. A blue outline highlights the section to be machined. A horizontal orange line indicates the centerline. Two diamond-shaped symbols are shown: one labeled '4' above the centerline and one labeled '5' below the centerline. The number '1' is above the left diamond and '2,3' is to the left of the right diamond.</p>

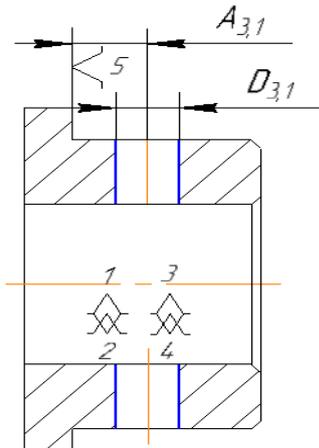
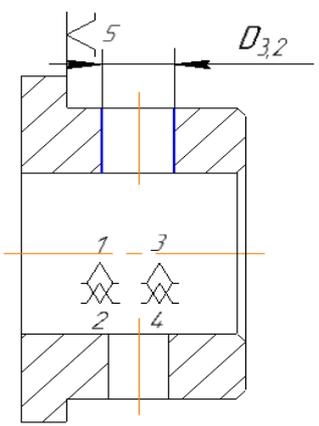
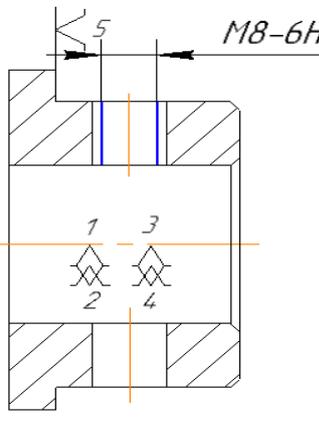
продолжение таблицы 2

1	5	<p><i>Точить фаску, выдерживая размер $A_{15 \times 45^\circ}$</i></p>	
1	6	<p><i>Сверлить отверстие, выдерживая размер D_{16}</i></p>	
1	7	<p><i>Расточить отверстие, выдерживая размеры D_{17}</i></p>	

продолжение таблицы 2

1	8	<p>Точить фаску, выдерживая размер $A_{18} \times 45^\circ$</p>	
2	A	<p><u>Фрезерная с ЧПУ</u></p> <p>Установить и снять заготовку.</p> <p>1 Фрезеровать кулачки, выдерживая размеры α, β и A_{21}^*</p>	

продолжение таблицы 2

3	A 1	<p><u>Вертикально-сверлильная</u></p> <p>Установить и снять заготовку.</p> <p>Сверлить отверстия, выдерживая размеры $A_{3,1}$ и $D_{3,1}$</p>	
3	2	<p>Сверлить отверстие, выдерживая размер $D_{3,2}$</p>	
4	A 1	<p><u>Слесарная</u></p> <p>Установить и снять заготовку.</p> <p>Нарезать резьбу М8-6Н</p>	

1.6 Расчет припусков и допусков, осевых и диаметральных технологических размеров

Расчётная схема изготовления детали является совокупностью технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа.

На основании техпроцесса изготовления «кулачковая полумуфта», составляется размерная схема, она содержит все осевые технологические размеры, припуски на обработку и конструкторские размеры, проверка которых будет осуществляться по ходу работы.

Для облегчения составления размерных цепей, на базе расчётной схемы строится граф технологических размерных цепей. Граф для продольной размерной схемы изготовления «кулачковая полумуфта» представлена на рисунке.

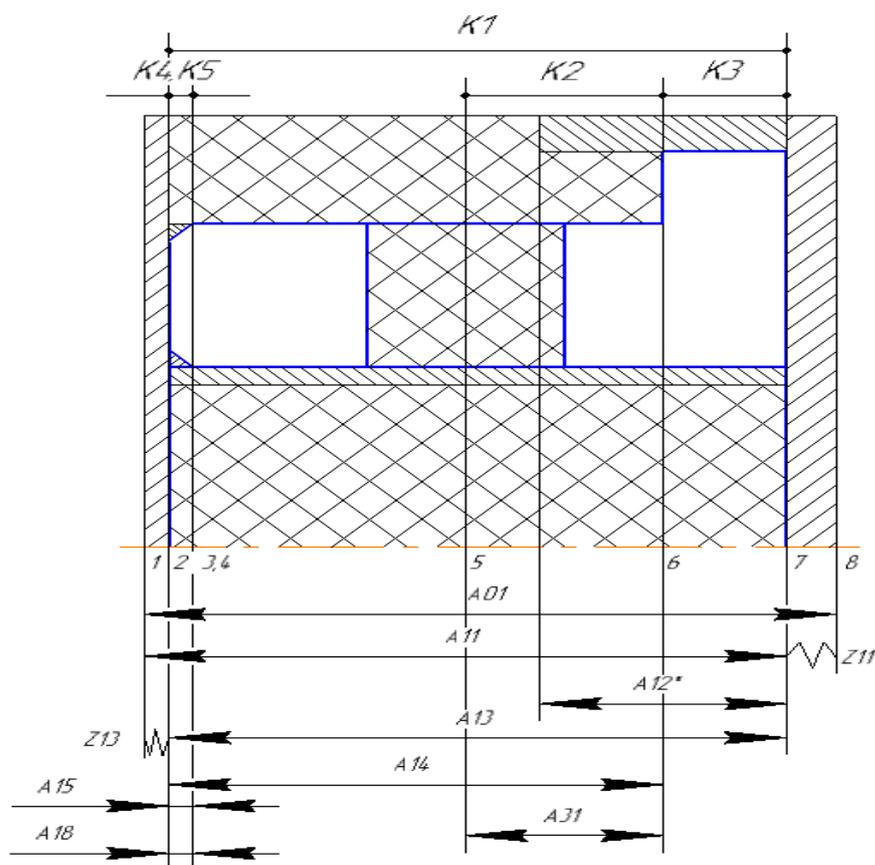


Рисунок 3 – Осевая размерная схема

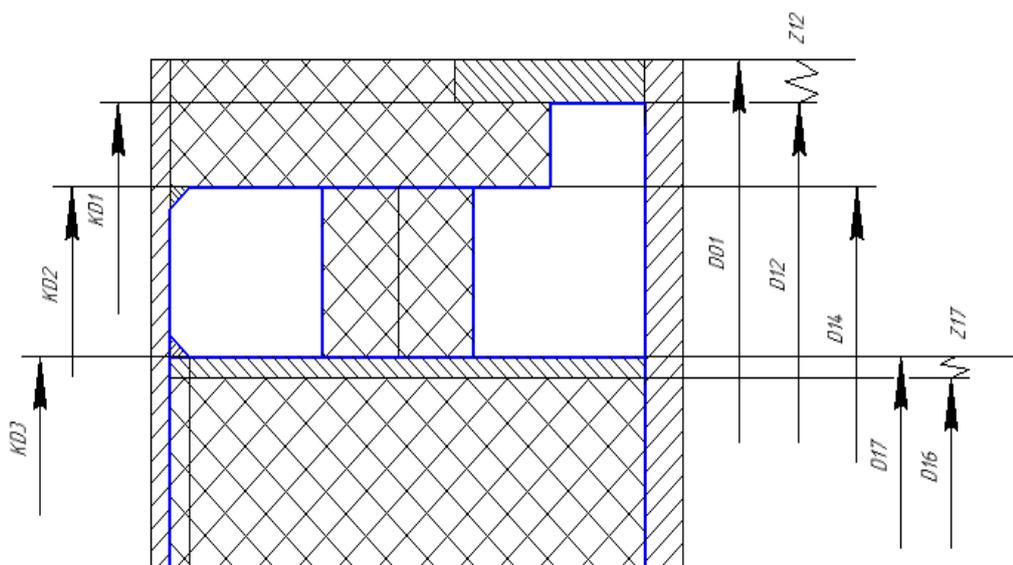


Рисунок 4 – Диаметральная размерная схема

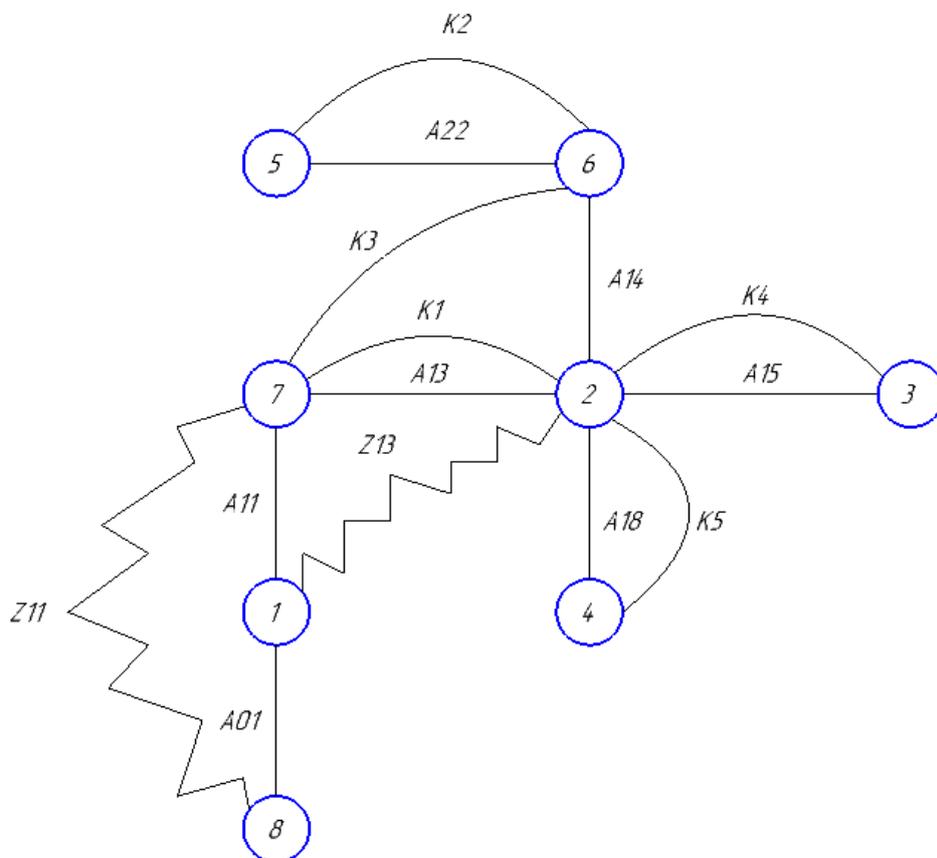


Рисунок 5 – Граф технических размерных цепей

Определение осевых размеров:

Допуски на осевые технологические размеры принимаются равными из [3, стр. 34]:

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_{u.i-1} + \varepsilon_{\delta i},$$

где ω_{ci} - статическая погрешность, мм;

$\rho_{u.i-1}$ - пространственное отклонение измерительной (технологической) базы, мм;

$\varepsilon_{\delta i}$ - погрешность базирования, мм.

Допуски на осевые технологические размеры:

$$TA_{0.1} = \omega_c = 0,52 \text{ мм};$$

$$TA_{1.1} = \omega_c = 0,21 \text{ мм};$$

$$TA_{1.3} = \omega_c = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.4} = \omega_c = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.5} = \omega_c = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.8} = \omega_c = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{2.2} = \omega_c = 0,1 \text{ мм}.$$

Допуски на конструкторские размеры:

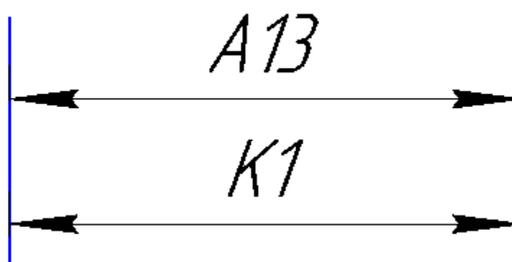


Рисунок 6 – Размерная цепь 1

$$K_1 = A_{1.3}$$

$$K_1 = 25_{-0,15} \text{ мм}$$

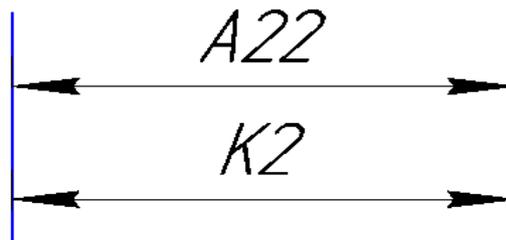


Рисунок 7 – Размерная цепь 2

$$A_{2.2} = K_2$$

$$K_2 = 8 \pm 0,1 \text{ мм}$$

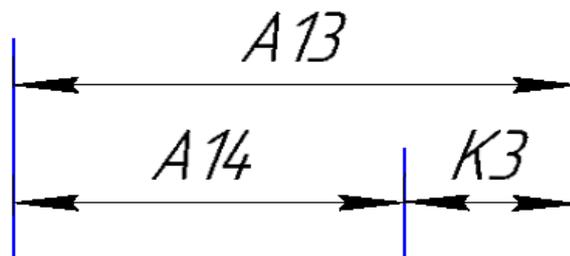


Рисунок 8 – Размерная цепь 3

$$K_3 = A_{1.3} - A_{1.4}$$

$$K_3 = 5_{-0,3} \text{ мм}$$

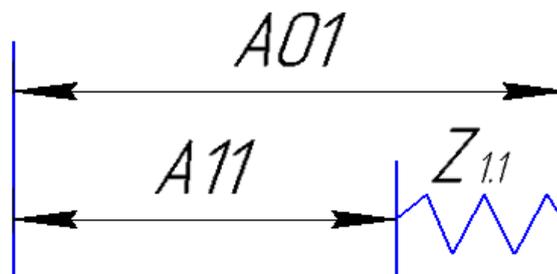


Рисунок 9 – Размерная цепь 4

$$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.1}$$

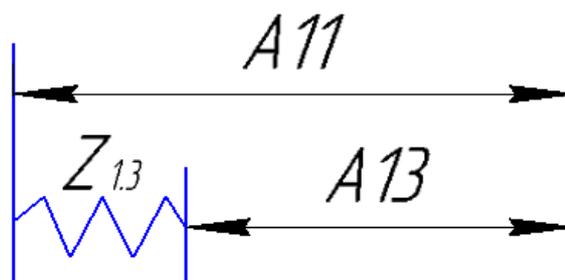


Рисунок 10 – Размерная цепь 5

$$Z_{1.3} = A_{1.1} - A_{1.3}$$

Проверка обеспечения точности конструкторских размеров:

При расчете методом максимума-минимума условие обеспечения точности конструкторского размера проверяется по формуле [3, с. 48]:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i,$$

$$TK_1 = 0,15\text{мм} > TA_{1.3} = 0,12\text{мм};$$

$$TK_2 = 0,2\text{мм} > TA_{2.2} = 0,1\text{мм};$$

$$TK_3 = 0,3\text{мм} > TA_{1.3} + TA_{1.4} = 0,12 + 0,12 = 0,24\text{мм};$$

$$TK_4 = 0,25\text{мм} > TA_{1.5} = 0,12\text{мм};$$

$$TK_5 = 0,25\text{мм} > TA_{1.8} = 0,12\text{мм}.$$

Расчет припусков на осевые размеры:

Расчёт припуска на обработку плоскости, определяется по формуле из [3, с. 42]:

$$Z_{imin} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}$$

Где z_{imin} - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$$1. Z_{1.1}^{min} = 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,02^2 + 0,05^2} = 0,254 \text{ мм};$$

$$2. Z_{1.3}^{min} = 0,1 + 0,08 + \sqrt{0,02^2 + 0,05^2} = 0,234 \text{ мм}.$$

Расчёт технологических размеров:

$$1. Z_{1.1}^c = Z_{1.1min} + \frac{(TA_{0.1} + TA_{1.1})}{2} = 0,254 + 0,255 = 0,509\text{мм};$$

$$2. Z_{1.3}^c = Z_{1.3min} + \frac{(TA_{1.3} + TA_{1.1})}{2} = 0,234 + 0,18 = 0,414\text{мм};$$

3. $A_{1,3} = 25_{-0,15}\text{мм}$, $A_{1,3}^c = 25 + \frac{(0-0,15)}{2} = 24,925 \pm 0,075\text{мм}$, $A_{1,1}^c = A_{1,3}^c + Z_{1,3}^c = 24,925 + 0,414 = 25,339\text{мм}$, $A_{1,1} = 25,444_{-0,21}\text{мм}$, округляем $A_{1,1} = 25,5_{-0,21}\text{мм}$;

4. $A_{0,1}^c = A_{1,1}^c + Z_{1,1}^c = 25,395 + 0,509 = 25,904\text{мм}$, $A_{0,1} = 26,424_{-0,52}\text{мм}$, округляем $A_{0,1} = 27_{-0,52}\text{мм}$;

5. $A_{2,2} = 8 \pm 0,1\text{мм}$;

6. $A_{1,5} = 1_{-0,25} \times 45^\circ \text{мм}$;

7. $A_{1,8} = 1_{-0,25} \times 45^\circ \text{мм}$;

8. $K_3^c = 5 + \frac{(0-0,3)}{2} = 4,85\text{мм}$;

$A_{1,4}^c = A_{1,3}^c - K_3^c = 24,925 - 4,85 = 20,075\text{мм}$, округляем $A_{1,4}^c = 20\text{мм}$;

$A_{1,4} = 20 \pm 0,06\text{мм}$.

Определение диаметральных размеров:

Допуски на диаметральные размеры принимаются равными статистической погрешности [3, с. 38]:

$$TD_i = \omega_{ci},$$

Где ω_{ci} - статическая погрешность, мм,

1. $TD_{0,1} = 1,1\text{мм}$ (ГОСТ 2590 – 2006 $es = 0,4\text{мм}$ и $ei = -0,7\text{мм}$);

2. $TD_{1,2} = 0,12\text{мм}$;

3. $TD_{1,4} = 0,12\text{мм}$;

4. $TD_{1,6} = 0,1\text{мм}$;

5. $TD_{1,7} = 0,021\text{мм}$.

Допуски на конструкторские размеры

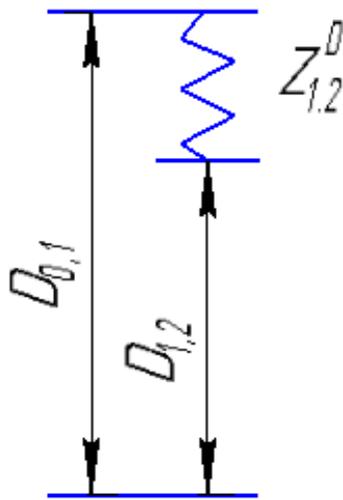


Рисунок 11 – Размерная цепь 6

$$Z_{1,2}^D = D_{0,1} - D_{1,2}$$

1. $K_{D1} = D_{1,2}, K_{D1} = 44_{-0,62}\text{мм};$
2. $K_{D2} = D_{1,4}, K_{D2} = 36_{-0,62}\text{мм};$
3. $K_{D3} = D_{1,7}K_{D3} = 20^{+0,021}\text{мм}.$

Проверка обеспечения точности конструкторских размеров:

$$TK_{D1} = 0,62\text{мм} > TD_{1,2} = 0,12\text{мм};$$

$$TK_{D2} = 0,62\text{мм} > TD_{1,4} = 0,12\text{мм};$$

$$TK_{D1} = 0,021\text{мм} = TD_{1,7} = 0,021\text{мм}.$$

Расчет припусков на диаметральные размеры:

Минимальный припуск на обрабатываемый диаметр определяется по формуле из [3, с. 42]:

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

Где z_{imin} - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

Rz_{i-1} - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

h_{i-1} - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

ρ_{i-1} - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

ε_i - погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки), мкм.

$$1. Z_{1.2min}^D = 2 \left(0,05 + 0,08 + \sqrt{0,02^2 + 0,05^2} \right) = 0,37 \text{ мм};$$

$$2. Z_{1.7min}^D = 2 \left(0,05 + 0,08 + \sqrt{0,06^2 + 0,03^2} \right) = 0,32 \text{ мм}.$$

Расчёт технологических размеров:

$$1. Z_{1.2}^{Dc} = Z_{1.2min}^D + \frac{(TD_{0.1} + TD_{1.2})}{2} = 0,37 + 0,61 = 0,98 \text{ мм};$$

$$2. Z_{1.3}^{Dc} = Z_{1.3min}^D + \frac{(TD_{1.7} + TD_{1.6})}{2} = 0,32 + 0,06 = 0,38 \text{ мм};$$

$$3. D_{1.2} = 44_{-0,62} \text{ мм}, D_{1.2}^c = 43,69 \pm 0,31 \text{ мм}, D_{0.1} = D_{1.2}^c + Z_{1.2}^{Dc} = 43,96 + 0,98 = 44,67 \text{ мм}, \text{ выбираем диаметр проката из ГОСТ2590 - 2006 } D_{0.1} = 45_{-0,7}^{+0,4} \text{ мм};$$

$$4. D_{1,6} = 18^{+0,1} \text{ мм};$$

$$5. D_{1,7} = 20^{+0,021} \text{ мм};$$

$$6. Z_{1,7}^D = D_{1,7} - D_{1,6} = 20^{+0,021} - 18^{+0,1} = 2_{-0,1}^{+0,021} \text{ мм} > Z_{1.7min}^D = 0,32 \text{ мм}.$$

Заданный припуск больше минимальных припусков, размеры выдержжны.

1. 7 Определение режимов резания

При назначении параметров режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Параметры режимов резания обычно устанавливают в порядке:

1. Глубина резания;
2. Подача;
3. Скорость резания.

Далее рассчитываем:

1. Число оборотов;

2. Фактическая скорость резания;
3. Главная составляющая силы резания;
4. Мощность резания;
5. Мощность главного привода движения;
6. Проверка по мощности оборудования.

Заготовительная операция

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 182] – Т5К10.

1. Глубина резания: $t = 5$ мм.
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364] $s = 0,3$ мм/об.
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 47$; $m = 0,2$; $y = 0,8$; – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361] : $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{IV} = 0,65$.

Окончательно коэффициент K_V определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{IV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,78;$$

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_V = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,8}} \cdot 0,78 = 42,35 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 42,35}{\pi \cdot 45} = 300 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 315 \text{ об/мин}$

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. } 371]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 408 \quad x = 0,72 \quad y = 0,8 \quad n = 0$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$$

K_{mp} - определяется по формуле [2, с. 362]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615 \text{ МПа}$ - фактический параметр

$n = 0,75$ - определены по табл. 9 [2, с. 362]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{fp} = 0,89; K_{yp} = 1,25; K_{lp} = 1; K_{rp} = 0,87.$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,87 = 0,83$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 408 \times 5^{0,72} \times 0,3^{0,8} \times 42,35^0 \times 0,83 = 4118 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{4118 \times 42,35}{1020 \times 60} = 2,85 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,85}{0,75} = 3,8 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 1

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 0,5 \text{ мм}$;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5 \text{ мм/об}$;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,1$.

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 252 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 252}{\pi \cdot 44} = 1671,9 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 1672 \text{ об/мин}$

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$$

K_{mp} - определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615 \text{ МПа}$ - фактический параметр

$n = 0,75$ - определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{fp} = 0,89, K_{yp} = 1,25, K_{lp} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^1 \times 0,5^{0,75} \times 252^{-0,15} \times 0,89 = 346 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{346 \cdot 252}{1020 \cdot 60} = 1,42 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,42}{0,75} = 3,3 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 2

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] –Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 0,5$ мм;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5$ мм/об;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$.

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 252 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 252}{\pi \cdot 44} = 1823,9 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 1824$ об/мин

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$$

$K_{\text{мр}}$ - определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа - фактический параметр;

$n = 0,75$ - определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{\text{фр}} = 0,89, \quad K_{\gamma p} = 1,25, \quad K_{\lambda p} = 1, \quad K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^1 \times 0,5^{0,75} \times 252^{-0,15} \times 0,89 = 346 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{346 \times 252}{1020 \times 60} = 1,42 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,42}{0,75} = 1,9 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 3

Первый ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 0,7$ мм;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5$ мм/об;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$; – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$;

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 239 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 239}{\pi \cdot 45} = 1691,4 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 1691$ об/мин

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа - фактический параметр;

$n = 0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{фp} = 0,89, K_{γp} = 1,25, K_{λp} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,7^1 \times 0,5^{0,75} \times 239^{-0,15} \times 0,89 = 489 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{489 \times 239}{1020 \times 60} = 1,91 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,91}{0,75} = 2,55 \text{ кВт}$$

Второй ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] – Т15К6,

1. Глубина резания: $t = 0,3$ мм;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5$ мм/об;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361] : $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$.

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 271 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 271}{\pi \cdot 44} = 1961,4 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 1961$ об/мин

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \text{ [2, с. 371]}$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p=300 \quad x=1 \quad y=0,75 \quad n=-0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p=K_{mp}K_{фp}K_{\gamma p}K_{\lambda p}K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{mp}=\left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

Где $\sigma_B=615$ МПа-фактический параметр
 $n=0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{mp}=\left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n=\left(\frac{615}{750}\right)^{0,75}=0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{фp}=0,89, K_{\gamma p}=1,25, K_{\lambda p}=1, K_{rp}=0,93$$

$$K_p=K_{mp}K_{фp}K_{\gamma p}K_{\lambda p}K_{rp}=0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93=0,89$$

Сила резания:

$$P_z=10C_p t^x s^y v^n K_p=10 \times 300 \times 0,3^1 \times 0,5^{0,75} \times 271^{-0,15} \times 0,89=206\text{Н}$$

Мощность резания[2, с. 371]:

$$N=\frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}=\frac{206 \times 271}{1020 \times 60}=0,91\text{кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np}=\frac{N}{\eta}=\frac{0,91}{0,75}=1,21\text{кВт}$$

Операция 1 переход 4

Первый ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] –Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 3\text{мм}$;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,4\text{ мм/об}$;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$; – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$;

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,39 = 208 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 208}{\pi \cdot 39} = 1698,5 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 1699$ об/мин

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле[2,с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа-фактический параметр

$n = 0,75$ -определены по табл. 9[2,с. 362]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2,с. 374]:

$$K_{fp} = 0,89, K_{\gamma p} = 1,25, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 3^1 \times 0,4^{0,75} \times 208^{-0,15} \times 0,89 = 1809 \text{ Н}$$

Мощность резания [2,с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1809 \times 208}{1020 \times 60} = 6,15 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{6,15}{0,75} = 8,2 \text{ кВт}$$

Второй ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] –Т15К6,

1. Глубина резания: $t = 1$ мм;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5$ мм/об;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T = 30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T = 60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

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

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$,

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 227 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 227}{\pi \cdot 37} = 1953,8 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов: $n = 1954$ об/мин

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{MP} K_{ФP} K_{ГP} K_{ЛP} K_{RP}$$

K_{MP} - определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа - фактический параметр;

$n=0,75$ -определены по табл. 9[2,с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2,с. 374]

$$K_{\phi p} = 0,89, K_{\gamma p} = 1,25, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1^1 \times 0,5^{0,75} \times 227^{-0,15} \times 0,89 = 704 \text{ Н}$$

Мощность резания [2,с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{704 \times 227}{1020 \times 60} = 2,61 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,61}{0,75} = 3,48 \text{ кВт}$$

Третий ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] – Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 0,5 \text{ мм}$;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5 \text{ мм/об}$;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$; – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

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

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,1$

По табл. 2 [2, с. 361] : $n_v = 1,0$

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$,

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$,

Окончательно коэффициент K_V определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 252 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 252}{\pi \cdot 36} = 2229,2 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 2229$ об/мин

5. После определения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{MP} K_{ФP} K_{ГP} K_{ЛP} K_{RP}$$

K_{MP} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа-фактический параметр

$n = 0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{ФP} = 0,89, K_{ГP} = 1,25, K_{ЛP} = 1, K_{RP} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,5^1 \times 0,5^{0,75} \times 252^{-0,15} \times 0,89 = 346 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{346 \times 252}{1020 \times 60} = 1,42 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,42}{0,75} = 1,9 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 5

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] – Т15К6,

1. Глубина резания: $t = 1,4 \text{ мм}$;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5 \text{ мм/об}$;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T = 30-60 \text{ мин}$ [2, с. 363], принимаем $T = 60 \text{ мин}$;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$,

Окончательно коэффициент K_V определяется как:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 216 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 216}{\pi \cdot 35,5} = 1937,7 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов: $n = 1938 \text{ об/мин}$

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615 \text{ МПа}$ -фактический параметр,

$n = 0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{фp} = 0,89, K_{γp} = 1,25, K_{λp} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 1,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 216^{-0,15} \times 0,89 = 992 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{992 \times 216}{1020 \times 60} = 3,5 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,5}{0,75} = 4,67 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 6

1. Материал сверла–быстрорежущая сталь Р6М5.
2. Диаметр сверла :D = 18мм;
3. Подачу S назначаем по таблице 35 [2, с. 381]:S=0,33мм/об
4. Скорость резания определяется по формуле [2, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента T=48 мин [2, с. 384].

Значения коэффициентов: $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $y=0,5$; $m= 0,2$ – определены по таблице 38 [2, с. 383]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{uv} \cdot K_{IV},$$

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

K_{uv} – Поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания;

K_{IV} – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия,

Коэффициент K_{MV} по табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,2$;

По табл. 2 [2, с. 359] : $n_v = 1,05$;

По табл. 41 [2, с. 385]: $K_{IV} = 1,0$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{IV} = 1,0$,

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{lV} = 1,478 \cdot 1 \cdot 1 = 1,478;$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{9,8 \cdot 18^{0,4}}{48^{0,2} \cdot 0,33^{0,5}} \cdot 1,478 = 37 \text{ м/мин};$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 37}{\pi \cdot 18} = 654,6 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов: $n = 655 \text{ об/мин}$.

6. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу резания:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

7. Крутящий момент по формуле [2, с. 385]:

$$M_{kp} = 10 C_M D^q s^y K_p$$

K_p -определяется по формуле [2, с. 386]: $K_p = K_{mp}$;

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]: $K_p = K_{mp}$;

$n=0,75$ -определяется по таблице 9 [2, с. 362]:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42

$$[2, \text{с. 385}]: C_P = 68, ; y = 0,7; q = 1,0$$

Для крутящего момента: $C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$

Осевая сила:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 18^1 \cdot 0,33^{0,7} \cdot 0,86 = 4844 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 18^2 \cdot 0,33^{0,7} \cdot 0,86 = 44,28 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

8. Мощность сверления определяется по формуле [2, с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{44,28 \cdot 654}{9750} = 2,97 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,97}{0,75} = 3,96 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 7

Первый ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] –Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 0,7$ мм;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,4$ мм/об;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$; – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$;

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$;

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$,

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,39 = 258 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 258}{\pi \cdot 19,4} = 4235,3 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 4235$ об/мин.

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа-фактический параметр

$n = 0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{fp} = 0,89, K_{yp} = 1,25, K_{lp} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,7^1 \times 0,3^{0,75} \times 286^{-0,15} \times 0,89 = 324 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{324 \times 286}{1020 \times 60} = 1,51 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,51}{0,75} = 2,55 \text{ кВт}$$

Второй ход:

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] –Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 0,3$ мм;

2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364], $s = 0,3$ мм/об;

3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин.

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$ – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,1$

По табл. 2 [2, с. 361] : $n_v = 1,0$

По табл. 2 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$,

По табл. 2 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$,

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,39 = 233 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 233}{\pi \cdot 20} = 3710,3 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 3710$ об/мин

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p \quad [2, \text{с. 371}]$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2, с. 372]:

$$C_p = 300 \quad x = 1 \quad y = 0,75 \quad n = -0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2, с. 371]:

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа-фактический параметр,

$n = 0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2, с. 374]:

$$K_{фp} = 0,89, K_{γp} = 1,25, K_{λp} = 1, K_{rp} = 0,93$$

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{γp} K_{λp} K_{rp} = 0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93 = 0,89$$

Сила резания:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \times 300 \times 0,3^1 \times 0,4^{0,75} \times 293^{-0,15} \times 0,89 = 172 \text{ Н}$$

Мощность резания [2, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{172 \cdot 293}{1020 \cdot 60} = 0,82 \text{ кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,82}{0,75} = 1,1 \text{ кВт}$$

Операция 1 переход 8

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с. 180] –Т15К6.

1. Глубина резания: $t = 1,4$ мм;
2. Подачу S назначаем по таблице 14 [2, с. 364]: $s = 0,5$ мм/об;
3. Скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=30-60$ мин [2, с. 363], принимаем $T=60$ мин;

Значения коэффициентов: $C_v = 290$; $m = 0,2$; $x=0,15$; $y = 0,35$; – определены по таблице 17 [2, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,1$

По табл. 2 [2, с. 361] : $n_v = 1,0$

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$,

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1,15$,

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,34 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,39;$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,39 = 216 \text{ м/мин};$$

4. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 216}{\pi \cdot 20,5} = 3356,2 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 3356$ об/мин.

5. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную составляющую сил резания:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \text{ [2, с. 371]}$$

Значения коэффициентов определяем по таблице 22 [2,с. 372]:

$$C_p=300 \quad x=1 \quad y=0,75 \quad n=-0,15$$

Коэффициент K_p определяется по формуле [2,с. 371]:

$$K_p=K_{mp}K_{fp}K_{yp}K_{lp}K_{rp}$$

K_{mp} -определяется по формуле[2,с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

Где $\sigma_B=615$ МПа-фактический параметр,
 $n=0,75$ -определены по табл. 9[2,с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов определяем по табл. 23 [2,с. 374]:

$$K_{fp}=0,89; K_{yp}=1,25, K_{lp}=1, K_{rp}=0,93$$

$$K_p=K_{mp}K_{fp}K_{yp}K_{lp}K_{rp}=0,86 \times 0,89 \times 1,25 \times 1 \times 0,93=0,89$$

Сила резания:

$$P_z=10C_p t^x s^y v^n K_p=10 \times 300 \times 1,4^1 \times 0,5^{0,75} \times 216^{-0,15} \times 0,89=992\text{Н}$$

Мощность резания [2,с. 371]:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{992 \times 216}{1020 \times 60} = 3,5\text{кВт}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{np}=\frac{N}{\eta}=\frac{3,5}{0,75}=4,67\text{кВт}$$

Операция 2 переход 1

Первый ход:

1. Материал режущего инструмента – Р6М5.
2. Грубина фрезерование: $t = 2$ мм;
3. Подача: $s = 0,05$ мм/об;
4. Скорость резания определяется по формуле [2, с. 406]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=80$ мин [2, с. 411],;

Значения коэффициентов: $C_V = 46,7; D=5 ; Z=4 ; q=0,45 ; m = 0,33; x = 0,5; y = 0,5; u=0,1 ; p=0,1$ – определены по таблице 81 [4, с. 367]:

Коэффициент K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

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

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,1$

По табл. 2 [2, с. 361] : $n_v = 1,0$,

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$,

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1$,

Окончательно коэффициент K_V определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1;$$

Скорость резания определяем для $V = 4$ мм:

$$v = \frac{46,7 \cdot 4^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 4^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1,206 = 51 \text{ м/мин};$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 51}{\pi \cdot 4} = 4060,5 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 4061$ об/мин.

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mр},$$

$K_{Mр}$ -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{Mр} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа-фактический параметр

$n=0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68,2$; $x=0,86$; $y=0,72$; $q=0,86$; $w=0$; $u=1$ – определены по таблице 83 [4, с. 412].

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 4^1 \cdot 3}{4^{0,86}} \cdot 0,86 = 449 \text{ Н;}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{449 \cdot 61}{1020 \cdot 60} = 0,45 \text{ кВт;}$$

Мощность станка:

$$N_{ст} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{0,45}{0,75} = 0,6 \text{ кВт,}$$

Второй ход:

1. Материал режущего инструмента – P6M5;
2. Грубина фрезерование: $t = 2$ мм;
3. Подача $s = 0,05$ мм/об;
4. Скорость резания определяется по формуле [2, с. 406]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v, \quad (9)$$

Период стойкости инструмента $T=80$ мин [2, с. 411].

Значения коэффициентов: $C_v = 46,7$; $D=5$; $Z=4$; $q=0,45$; $m = 0,33$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u=0,1$; $p=0,1$ – определены по таблице 81 [4, с. 367]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV},$$

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

K_{PV} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,

По табл. 1 [2, с. 358]:

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

По табл. 2 [2, с. 359]: $K_r = 1,1$

По табл. 2 [2, с. 361]: $n_v = 1,0$,

По табл. 5 [2, с. 361]: $K_{ПV} = 0,9$,

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{ИV} = 1$,

Окончательно коэффициент K_V определяется как:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1;$$

Скорость резания определяем для $B = 1$ мм:

$$v = \frac{46,7 \cdot 4^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 1^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 1 = 58 \text{ м/мин};$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 58}{\pi \cdot 4} = 4618 \text{ об/мин};$$

Определяем главную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP},$$

K_{MP} -определяется по формуле [2, с. 362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

Где $\sigma_B = 615$ МПа-фактический параметр

$n = 0,75$ -определены по табл. 9 [2, с. 362]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{615}{750} \right)^{0,75} = 0,86$$

Значения коэффициентов: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $q = 0,86$; $w = 0$; $u = 1$ – определены по таблице 83 [4, с. 412].

Главная составляющая силы резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 1^1 \cdot 3}{4^{0,86}} \cdot 0,86 = 112 \text{ Н};$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{112 \cdot 58}{1020 \cdot 60} = 0,11 \text{ кВт};$$

Мощность станка:

$$N_{ст} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{0,11}{0,75} = 0,15 \text{ кВт},$$

Операция 3 переход 1

1. Материал сверла–быстрорежущая сталь Р6М5.
2. Диаметр сверла :D = 6,8мм.
3. Подачу S назначаем по таблице 35 [2, с. 381]:S=0,2мм/об.
4. Скорость резания определяется по формуле[2, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента T=25мин [2, с. 384].

Значения коэффициентов: $C_v = 7$; $q = 0,4$; $y=0,7$; $m= 0,2$;– определены по таблице 38 [2, с. 383]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{uv} \cdot K_{IV},$$

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

K_{uv} –Поправочный коэффициент,учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания;

K_{IV} –Поправочныйкоэффициент на скорость резания при сверлении,учитывающий глубину обрабатываемого отверстия,

Коэффициент K_{MV} по табл. 1 [2, с. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,2$;

По табл. 2 [2, с. 359] : $n_v = 1,05$;

По табл. 41 [2, с. 385]: $K_{IV} = 1,0$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{IV} = 1,0$.

Окончательно коэффициент K_V определяется как::

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = 1,478 \cdot 1 \cdot 1 = 1,478;$$

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{7 \cdot 6,8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 1,478 = 36 \text{ м/мин};$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 44}{\pi \cdot 6,8} = 1686,1 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 2000$ об/мин

6. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу резания:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

7. Крутящий момент по формуле [2, с. 385]:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p$$

K_p -определяется по формуле [2, с. 386]: $K_p = K_{mp}$

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]: $K_p = K_{mp}$

$n=0,75$ -определяется по таблице 9 [2, с. 362]

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [2, с. 385]: $C_P = 68$; $y = 0,7$; $q = 1,0$

Для крутящего момента: $C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$

Осевая сила:

$$P_o = 10 C_P D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,8^1 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,86 = 1054 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,8^2 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,86 = 3 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

8. Мощность сверления определяется по формуле [2, с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3 \cdot 2000}{9750} = 0,62 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,62}{0,75} = 0,83 \text{ кВт}$$

Операция 3 переход 2

1. Материал сверла–быстрорежущая сталь P6M5.
2. Диаметр сверла : $D = 8$ мм.
3. Глубина рассверливания $t=0,6$ мм.
4. Подачу S назначаем по таблице 35 [2, с. 381]: $S=0,15$ мм/об.
5. Скорость резания определяется по формуле [2, с. 382]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v,$$

Период стойкости инструмента $T=25$ мин [2, с. 384]:

Значения коэффициентов: $C_v = 16,2$; $q = 0,4$; $y=0,5$; $m= 0,2$; $x= 0,2$;—
определены по таблице 39 [2, с. 383]:

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV},$$

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

K_{uV} – Поправочный коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания;

K_{IV} – Поправочный коэффициент на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия,

Коэффициент K_{MV} по табл. 1 [2, с. 358]

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

По табл. 2 [2, с. 359] : $K_r = 1,2$;

По табл. 2 [2, с. 359] : $n_v = 1,05$;

По табл. 41 [2, с. 385]: $K_{IV} = 1,0$;

По табл. 6 [2, с. 361]: $K_{IV} = 1,0$.

Окончательно коэффициент K_v определяется как:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = 1,478 \cdot 1 \cdot 1 = 1,478;$$
$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v = \frac{16,2 \cdot 8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,6^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 1,478 = 33 \text{ м/мин};$$

5. Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 33}{\pi \cdot 8} = 1308,8 \text{ об/мин};$$

Принимаем фактическое число оборотов $n = 1400$ об/мин.

6. Послеопределения расчетных оборотов шпинделя, рассчитываем главную осевую силу при рассверливании:

$$P_o = 10C_p D^q s^y t^x K_p \quad [2, \text{с. 385}]$$

7. Крутящий момент по формуле [2, с. 385]:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y t^x K_p$$

K_p -определяется по формуле [2, с. 386]: $K_p = K_{mp}$;

K_{mp} -определяется по формуле [2, с. 362]: $K_p = K_{mp}$;

$n=0,75$ -определяется по таблице 9 [2, с. 362]:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{615}{750}\right)^{0,75} = 0,86$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 42 [2, с.385]:

$$C_p = 67, ; y = 0,65; x=1,2.$$

Для крутящего момента: $C_M = 0,09; q = 1,0; x = 0,9; y = 0,8$

Осевая сила:

$$P_o = 10C_p D^q s^y t^x K_p = 10 \cdot 67 \cdot 0,15^{0,65} \cdot 0,6^{0,8} \cdot 0,86 = 112 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M D^q s^y t^x K_p = 10 \cdot 0,09 \cdot 8^1 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,6^{0,9} \cdot 0,86 = 0,86 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

8. Мощность сверления определяется по формуле [2, с. 386]:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{0,86 \cdot 1400}{9750} = 0,12 \text{ кВт}$$

Привода главного движения :

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,12}{0,75} = 0,16 \text{ кВт}$$

1.8 Выбор оборудования и технологической процесса

Операция 0 токарная:

Токарно-винторезный станок 16К20 [2, с. 21]

Таблицы 3 – Технические характеристики станка

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:	
-Над станиной	400мм
-над суппортом	220мм
Наибольший диаметр прутка,проходящего через отверстие шпинделя	53мм
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	1000мм
Шаг нарезаемой резьбы:	
-метрической	До 20 мм
Чистота вращения шпинделя	2,5-200 об/мин
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта:	
-продольное	900мм
-поперечное	250мм
Подача суппорта:	
-продольная	3-1200мм/об
-поперечная	1,5-600мм/об
Число ступеней подач	б/с
Скорость быстрого перемещения суппорта:	
-продольного	4800мм/мин
-поперечного	2400мм/мин
Мощность электродвигателя главного привода	10кВт
Габаритные размеры(без ЧПУ) (Д*Ш*В):	3360мм*1710мм*1750мм
Масса	4000кг

Проверка по мощности:

$$N_{ст} \leq N;$$

$$3,8кВт < 10кВт$$

Мощность обеспечивается.

Операция 1 Токарная с ЧПУ

Токарный станок с ЧПУ RAIS T200.2S

Таблица 3-Технические характеристики станка

Диаметр обработки над суппортом, мм	250
Максимальный диаметр обработки, мм	210
Максимальная длина обработки / Ход противошпинделя Z1, мм	600
Максимальные обороты шпинделя / противошпинделя, об/мин	4500/4500
Мощность двигателя шпинделя / противошпинделя, кВт	18/11
Максимальный диаметр патрона шпинделя / противошпинделя, мм	190/135
Максимальный диаметр инструмента с цилиндрическим хвостовиком, мм	32
Габариты, мм	3209x1621x1916
Вес, кг	3800

Проверка по мощности:

$$N_{ст} \leq N;$$

$$8,2\text{кВт} < 18\text{кВт}$$

Мощность обеспечивается.

Операция 2 Вертикально-сверлильная

Вертикально-сверлильный станок модель 2Н125

Таблица 4 – Технические характеристики станка

Наибольший условный диаметр сверления в стали, мм	12
Рабочая поверхность стола, мм	400×450
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	250
Вылет шпинделя, мм	250
Наибольший ход шпинделя, мм	200

Продолжение таблицы 4 – Технические характеристики станка

Наибольшее вертикальное перемещение: -сверлильной головки, мм	170
Число скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя, об/мин	45 – 2000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,2
Габаритные размеры:	915x785x2350
Масса, кг	880

Проверка по мощности:

$$N_{ст} \leq N;$$

$$0,6\text{кВт} < 2,2\text{кВт}$$

Мощность обеспечивается.

Операция 3 фрезерный с ЧПУ

Вертикально-фрезерный станок модель MCV-720

Таблица 5 – Технические характеристики станка

Размер стола (ДхШ), мм	950x560
Перемещения по осям X/Y/Z, мм	720/460/510
Максимальная нагрузка на стол, кг	500
Быстрые перемещения по осям X/Y/Z, м/мин	24/24/18
Максимальная скорость вращения шпинделя, об/мин	8000
Мощность главного двигателя (номинал/ 30мин), кВт	7,5

Проверка по мощности:

$$N_{ст} \leq N;$$

$$0,83\text{кВт} < 7,5\text{кВт}$$

Мощность обеспечивается.

1. 9 Расчет времени

Основное время для токарных операций определяем по формуле [6, стр. 874]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

Где L – расчётная длина обработки, мм;
 i – число рабочих ходов;
 n – частота вращения шпинделя, об/мин;
 S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_b + l_{cx} + l_{пд}$$

Где l – размер детали на данном переходе, мм;
 l_b – величина врезания инструмента, мм;
 l_{cx} – величина схода инструмента, мм;
 $l_{пд}$ – величина подвода инструмента, мм.

Принимаем: $l_{cx} = l_{пд} = 1$ мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_b = \frac{t}{tg\varphi},$$

Где t – глубина резания, мм;
 φ – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = \frac{(l + \frac{t}{tg\varphi} + l_{cx} + l_{пд}) \cdot i}{n \cdot S},$$

Вспомогательное время определяем по формуле;

$$T_{всп} = T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{уп.} + T_{изм.}$$

Где $T_{у.с.}$ - время па установку и снятие детали;

$T_{з.о.}$ - время на закрепление и открепление детали;

$T_{уп.}$ - время на управление станком;

$T_{\text{изм.}}$ - время на измерение детали;

$T_{\text{всп}}$ - вспомогательное время,

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп.}}$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{о.о.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{о.о.}}$$

Подготовительно заключительное время определяем Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \left(\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \right),$$

где n - количество деталей.

Для заготовительной операции:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(22,5 + \frac{5}{\text{tg } 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{300 \cdot 0,3} = 0,27 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} = 0,15 \text{ мин}; T_{\text{уп}} = 0,70 \text{ мин}; T_{\text{изм}} = 2,21 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{изм.}} = 0,15 + 0,70 + 2,21 = 3,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп}} = 0,27 + 3,06 = 3,33 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{о.о.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}} = 15\% \cdot 3,33 = 0,498 \approx 0,50 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{о.о.}} = 0,27 + 3,06 + 0,5 = 3,83 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \left(\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \right) = 3,83 + \frac{3}{2000} \approx 3,83 \text{ мин};$$

Для первой операции :

Переход 1-подрезка торца:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(22,5 + \frac{2}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{1607 \cdot 0,5} = 0,061 \approx 0,06 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{з.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{уп} = 0,70 \text{ мин}; T_{изм} = 2,21 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{з.o} + T_{уп} + T_{изм} = 0,15 + 0,70 + 2,21 = 3,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,06 + 3,06 = 3,12 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 3,12 = 0,468 \approx 0,47 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,06 + 3,06 + 0,47 = 3,59 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 3,59 + \frac{12}{2000} \approx 3,6 \text{ мин};$$

переход 2- точить поверхность:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(10 + \frac{2}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{1824 \cdot 0,5} = 0,007 \approx 0,01 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{з.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{уп} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{з.o} + T_{уп} + T_{изм} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,01 + 1,06 = 1,07 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,07 = 0,16 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,01 + 1,06 + 0,16 = 1,23 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 1,23 + \frac{12}{2000} \approx 1,24 \text{ мин};$$

переход 3- подрезка торца:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(22,5 + \frac{1}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{1586 \cdot 0,5} = 0,015 \approx 0,02 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yn} = 0,70 \text{ мин}; T_{изм} = 2,21 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{изм.} = 0,15 + 0,70 + 2,21 = 3,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,02 + 3,06 = 3,08 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 3,08 = 0,462 \approx 0,47 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,02 + 3,06 + 0,47 = 3,55 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 3,55 + \frac{12}{2000} \approx 3,56 \text{ мин};$$

переход 4-точить поверхность:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + \frac{6}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 3}{1577 \cdot 0,4} = 0,105 \approx 0,11 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yn} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{изм.} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,01 + 1,06 = 1,07 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,02 = 0,16 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,11 + 1,06 + 0,16 = 1,33 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 1,33 + \frac{12}{2000} \approx 1,34 \text{ мин};$$

Переход 5 –точить фаску:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(1 + \frac{1,4}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{1938 \cdot 0,5} = 0,003 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yn} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{изм.} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,003 + 1,06 = 1,063 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,063 = 0,16 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,003 + 1,06 + 0,16 = 1,22 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 1,22 + \frac{12}{2000} \approx 1,23 \text{ мин};$$

переход 6-сверлить отверстие:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + 0,3 \cdot 18 + 1 + 1) \cdot 1}{654 \cdot 0,33} = 0,127 \approx 0,13 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yn} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{изм.} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,13 + 1,06 = 1,19 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,19 = 0,178 \approx 0,18 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,13 + 1,06 + 0,18 = 1,37 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 1,37 + \frac{12}{2000} \approx 1,38 \text{ мин};$$

переход 7-расточить отверстие :

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + \frac{1}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 2}{4695 \cdot 0,3} = 0,031 \approx 0,03 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yn} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{изм.} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,03 + 1,06 = 1,09 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,09 = 0,16 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,03 + 1,06 + 0,16 = 1,25 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 1,25 + \frac{12}{2000} \approx 1,26 \text{ мин};$$

Переход 8 –точить фаску:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(1 + \frac{1,4}{\operatorname{tg} 90^\circ} + 1 + 1) \cdot 1}{3356 \cdot 0,5} = 0,002 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yn} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yn} + T_{изм.} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,002 + 1,06 = 1,062 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,062 = 0,16 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,002 + 1,06 + 0,16 = 1,22 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 1,22 + \frac{12}{2000} \approx 1,23 \text{ мин};$$

Для второй операции :

переход 1-фрезеровать кулачки:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(60 + 2 + 1 + 1) \cdot 30}{4856 \cdot 0,05} = 7,9 \approx 8 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yп} = 0,70 \text{ мин}; T_{изм} = 2,21 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yп} + T_{изм} = 0,15 + 0,70 + 2,21 = 3,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 8 + 3,06 = 11,06 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 11,06 = 1,659 \approx 1,66 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 8 + 3,06 + 1,66 = 12,72 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \left(\frac{T_{п.з.}}{n} \right) = 12,72 + \frac{8}{2000} \approx 12,72 \text{ мин};$$

Для третьей операции :

переход 1-сверлить отверстие:

$$T_o = \frac{(l + l_B + l_{CX} + l_{ПД}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(16 + 0,3 \cdot 6,8 + 1 + 1) \cdot 1}{2060 \cdot 0,15} = 0,065 \approx 0,07 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{y.c} + T_{z.o} = 0,15 \text{ мин}; T_{yп} = 0,18 \text{ мин}; T_{изм} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{всп} = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{yп} + T_{изм} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{опер.} = T_o + T_{всп} = 0,07 + 1,06 = 1,13 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{o.o.} = 15\% \cdot T_{опер} = 15\% \cdot 1,13 = 0,169 \approx 0,17 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{шт.} = T_o + T_{всп} + T_{o.o.} = 0,07 + 1,06 + 0,18 = 1,31 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \left(\frac{T_{\text{п.з.}}}{n}\right) = 1,31 + \frac{9}{2000} \approx 1,32 \text{ мин};$$

переход 2-рассверлить отверстие:

$$T_o = \frac{(l + l_b + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(8 + 0,3 \cdot 8 + 1 + 1) \cdot 1}{1309 \cdot 0,15} = 0,063 \approx 0,06 \text{ мин};$$

Общее вспомогательное время:

$$T_{\text{у.с}} + T_{\text{з.о}} = 0,15 \text{ мин}; T_{\text{уп}} = 0,18 \text{ мин}; T_{\text{изм}} = 0,73 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп.}} + T_{\text{изм.}} = 0,15 + 0,18 + 0,73 = 1,06 \text{ мин};$$

Оперативное время;

$$T_{\text{опер.}} = T_o + T_{\text{всп}} = 0,06 + 1,06 = 1,12 \text{ мин};$$

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{о.о.}} = 15\% \cdot T_{\text{опер}} = 15\% \cdot 1,12 = 0,168 \approx 0,17 \text{ мин};$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт.}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{о.о.}} = 0,06 + 1,06 + 0,17 = 1,29 \text{ мин};$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт.}} + \left(\frac{T_{\text{п.з.}}}{n}\right) = 1,29 + \frac{9}{2000} \approx 1,3 \text{ мин};$$

2 Конструкторская часть

2.1 Разработка технического задания на проектирование станочного приспособления

Техническое задание на проектирование специальных средств технологического оснащения разрабатывается в соответствии с ГОСТ 15,001-73.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице.

Таблица 7 – Техническое задание

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали «кулачковой полумуфты» на вертикально-сверлильном станке Модель 2Н125.
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «кулачковой полумуфты».
Цель и назначение разработки	Целью конструкторской части является разработка приспособления для одной из операций механической обработки, определения силы закрепления и точности установки детали.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – мелкосерийный; Программа выпуска - 2000 шт. в год; Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать вертикально-сверлильному станку Модель 2Н125. Входные данные о заготовке, поступающей на точную операцию: Сверлить 2 отверстия с диаметром $\Phi 6,8\text{мм}$.
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация.

2.2 Описание конструкции и работы приспособления

Приспособление для сверления состоит из неподвижного губки 1, на котором закреплен на плите с помощью лап 6, гаек 3, болтов 4 и шпильки 5 и подвижного губки 2, на котором закреплен в направляющих в виде ласточкина хвоста 7.

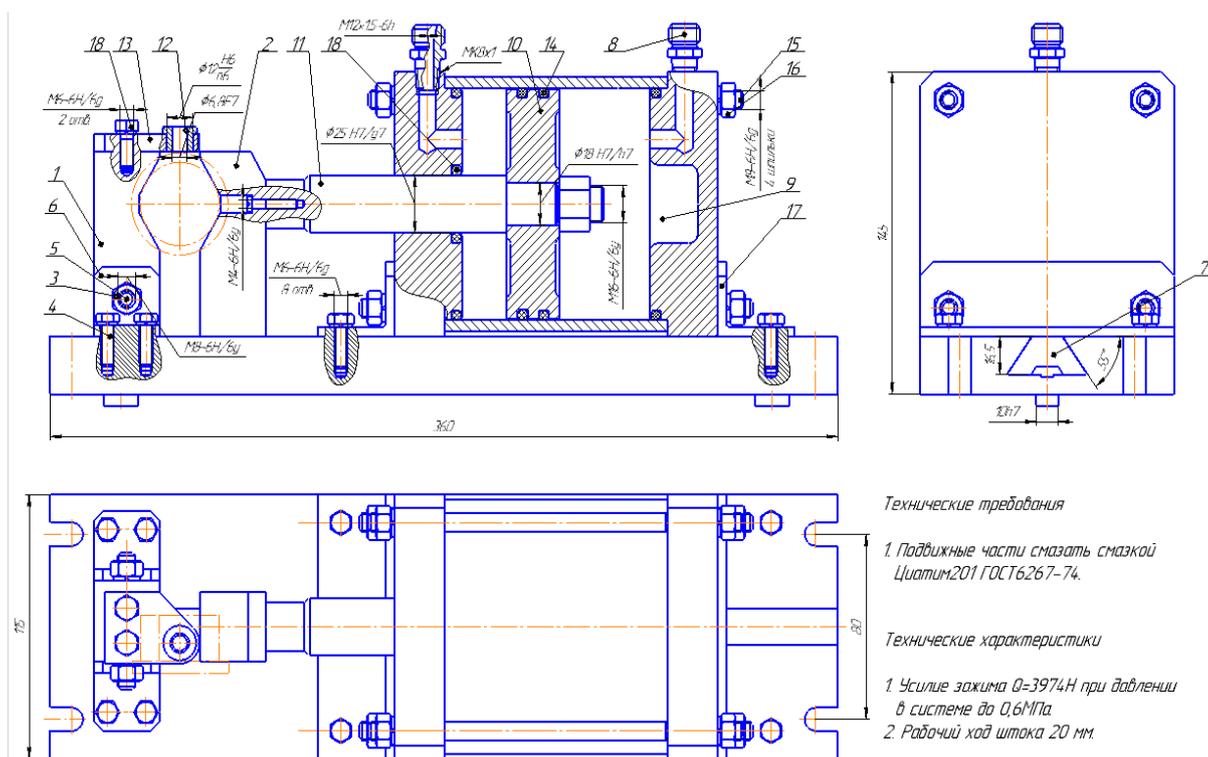


Рисунок 12 – Компоновка приспособления

Принцип работы данного приспособления заключается в следующем: заготовка устанавливается в губках, упирается базовым торцом в тиски. Сжатый воздух из сети через правый штуцер 8 подается в правую полость пневмоцилиндра 9. Сжатый воздух воздействует на поршень 10, развиваемая в результате этого сила передается через шток 11 на подвижную губку 2 и деталь зажимается в тисках.

Затем производится сверление детали сверлом, направляемым по кондукторной втулке 12, на которой закреплена в кондукторной плите 13.

После завершения процесса обработки сжатый воздух подается в левую полость пневмоцилиндра через левый штуцер 8, сжатый воздух воздействует на поршень 10. Затем в тисках устанавливается следующая деталь и процесс закрепления и обработки повторяется.

2.3 Определение необходимой силы зажима

В ходе сверления отверстия возникают сила резания F , осевая сила F_0 , сила F_1 и F_2 .

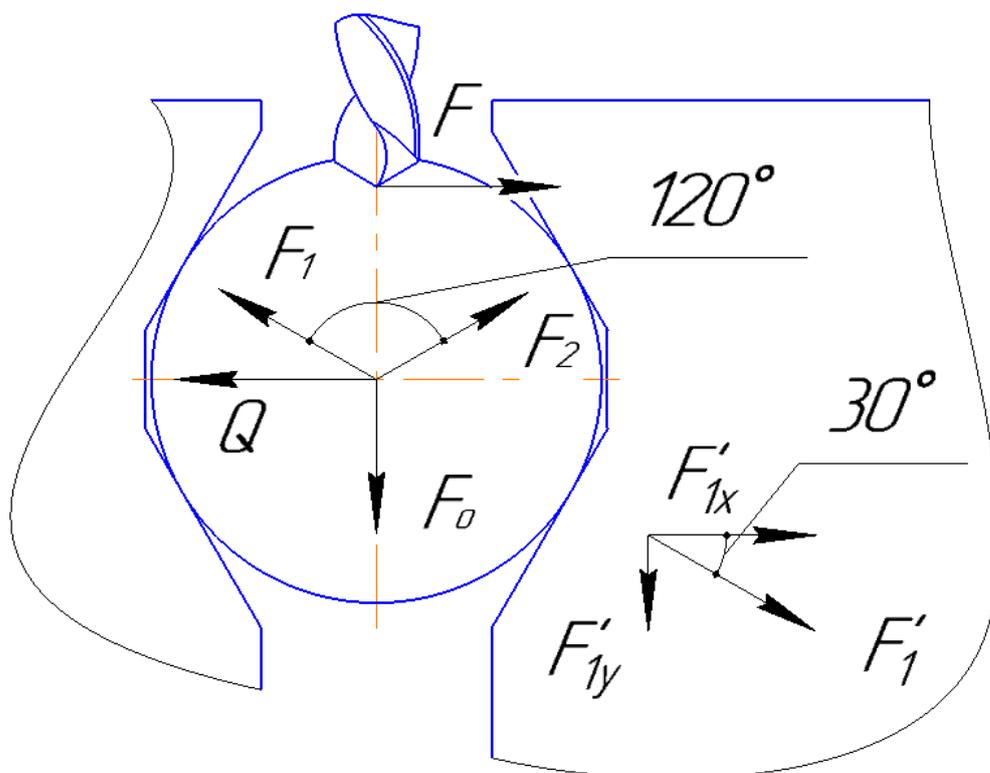


Рисунок 13– Схема сил при зажиме заготовки

Усилие зажима: $k \times (F + F'_{1x}) \leq Q$, принимаем $k=2$.

Осевая сила:

$$F_0 = 10 C_p D^q s^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6,8^1 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,86 = 1054 \text{ Н}$$

Крутящий момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M D^q s^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,8^2 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,86 = 3 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

$$\text{Так как } M_{кр} = F \times \frac{D_{\text{сверло}}}{2}$$

$$F = \frac{2 M_{кр}}{D_{\text{сверло}}} = \frac{2 \times 3}{6,8} = 882 \text{ Н}$$

$$\text{Так как } F_0 = F_1 = F'_1$$

$$F'_{1x} = F'_1 \times \cos(30^\circ) = 1054 \times 0,866 = 913 \text{ Н}$$

Для цилиндров двустороннего действия при давлении в штоковой полости:

$$Q = 0,785(D^2 - d^2) \rho \eta [5, \text{с. 241}]$$

Где D, d - диаметры цилиндра и штока в см;

ρ - давление сжатого воздуха в кгс/см²;

$\eta = 0,85, \dots, 0,90$ - к.п.д. цилиндра;

$$Q = 0,785 \times (10^2 - 2,5^2) \times 6 \times 0,9 = 397,4 \text{ кгс} = 3974 \text{ Н}$$

$$k \times (F + F'_{1x}) = 2 \times (882 + 913) = 3590 \text{ Н} < Q = 3974 \text{ Н}$$

Выбранный пневмоцилиндр обеспечивает рассчитанное усилие зажима.

2. 4 Погрешность приспособления

1. Зазор между сверлом и кондуктором втулкой кондуктора:

$$S_1 = D_{\text{втулка}}^{\text{max}} - d_{\text{сверло}}^{\text{min}}$$

S_1 – наибольший предельный зазор между сверлом и кондукторной втулкой.

При выполнении сверлильной операции потребуются сверло с диаметром: $\Phi 6,8 \pm 0,04$ мм по ГОСТ 2034-80 и кондукторная втулка с внутренним диаметром: $\Phi 6,8 F7_{+0,013}^{+0,028}$ мм по ГОСТ 18430-73, получаем $D_{\text{втулка}}^{\text{max}} = 6,828$ мм, $d_{\text{сверло}}^{\text{min}} = 6,76$ мм.

$$S_1 = D_{\text{втулка}}^{\text{max}} - d_{\text{сверло}}^{\text{min}} = 6,828 - 6,76 = 0,068 \text{ мм}$$

2. Зазор между кондукторной втулкой и кондукторной плитой:

$$S_2 = D_{\text{плита}}^{\text{max}} - d_{\text{втулка}}^{\text{min}}$$

S_2 – наибольший предельный зазор между кондукторной втулкой и кондукторной плитой.

При устанавливании кондукторной втулкой в кондукторной плите, потребуются кондукторная плита с отверстием $\Phi 12H6^{+0,011}$ мм и кондукторная втулка $\Phi 12h6^{+0,023}_{+0,012}$ мм по ГОСТ 18430-73, получаем $D_{max}^{отверстие} = 12,011$ мм, $d_{min}^{втулка} = 12,012$ мм.

$$S_2 = D_{max}^{отверстие} - d_{min}^{втулка} = 12,011 - 12,012 = -0,001 \text{ мм}$$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
158Л51	Лю Имин

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материально-технические ресурсы: компьютер (35000р); энергетические ресурсы: электрическая энергия (2,39р/КВт).</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30% премии; 20% надбавки; 13,5% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений</i>	<i>Составление таблицы оценочной конкурентоспособности, составление многоугольника конкурентоспособности, SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование проекта</i>	<i>Продолжительность каждого этапа проекта, составление графика Ганта</i>
3. <i>Формирование бюджета на затраты проекта</i>	<i>Расчет затрат на материальные расходы, основную и дополнительную зарплату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Дерево целей</i>
4. <i>График Ганта</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП.	Скаковская Наталия Вячеславовна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Л51	Лю Имин		

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации. Достижение цели обеспечивается решением задач:

- (1) Анализ конкурентных технических решений;
- (2) SWOT-анализ проекта;
- (3) Планирование проекта;
- (4) Бюджет затрат на реализацию проекта;
- (5) Формирование затрат на реализацию проекта;
- (6) Ресурсоэффективность.

3.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта (таблица 8).

Таблица 8 – Оценка конкурентоспособности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,02	3	2	2	0,06	0,04	0,04
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	2	2	4	0,4	0,4	0,8

продолжение таблицы 8

3. Помехоустойчивость	0,01	4	1	1	0,04	0,01	0,01
4. Энергоэкономичность	0,02	4	3	2	0,08	0,06	0,02
5. Надежность	0,3	5	2	4	1,5	1,0	1,2
6. Уровень шума	0,01	4	1	2	0,04	0,01	0,02
7. Безопасность	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
8. Потребность в ресурсах памяти	0	1	2	2	0	0	0
9. Функциональная мощность(предоставляемые возможности)	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
10. Простота эксплуатации	0	5	4	4	0	0	0
11. Качество интеллектуального интерфейса	0	1	1	1	0	0	0
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0	1	1	1	0	0	0
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	4	2	2	0,08	0,04	0,04
3. Цена	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
5. Послепродажное обслуживание	0,04	4	2	2	0,16	0,08	0,08
6. Финансирование научной разработки	0,03	3	3	3	0,09	0,09	0,09
7. Срок выхода на рынок	0,01	3	2	2	0,03	0,02	0,02
8. Наличие сертификации разработки	0,04	5	4	2	0,2	0,16	0,08
Итого	1	72	53	49	3,94	3,12	3,18

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Разработка:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 72 \cdot 3,94 = 283,68$$

Конкуренты:

$$K1 = \sum V_i \cdot B_i = 53 \cdot 3,12 = 165,36$$

$$K2 = \sum V_i \cdot B_i = 49 \cdot 3,18 = 155,82$$

В ходе оценки конкурентоспособности проекта было выявлено, что проект уступает продукции некоторых конкурентов по техническим характеристикам (масса, обслуживание, цена, дизайн), но при этом имеет свои преимущества перед ними (частотный диапазон, время срабатывания). В целом проект имеет достаточно высокие показатели для успешной конкуренции с другими производителями виброустройств.

3.2 SWOT-анализ проекта

В качестве оценки сильных и слабых сторон проекта как во внутренней, так и во внешней среде прибегают к составлению SWOT-матрицы (таблица 9).

Задача SWOT-анализа — дать структурированное описание ситуации, относительно которой нужно принять какое-либо решение. Выводы, сделанные на его основе, носят описательный характер без рекомендаций и расстановки приоритетов.

Таблица 9 – SWOT-анализ проекта

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
Внешние факторы		Сильные стороны проекта: 1. Малые габариты. 2. Наличие опытного руководителя 3. Использование Современного оборудования 4. Актуальность проекта 5. Адекватные финансовые источники	Слабые стороны проекта: 1 Развитие новых технологий 2. узкий ассортимент выпускаемой продукции 3. Отсутствие квалифицированного персонала
	Возможности: 1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области 2. Повышение стоимости конкурентных разработок 3. Низкая активность конкурентов 4. Рост спроса	- Возможно, создать партнерские отношения с рядом ведущих предприятий для совместного исследования в области обработки металлов давлением; - При наличии вышеперечисленных достоинств мы имеем большой потенциал для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами	- Повышение цен на металлообрабатывающее оборудование; - Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.
	Угрозы: 1 Появление новых технологий 2 Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.	Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	Расширение области применения за счет развития новых технологий.

3.3 Планирование проекта

Планирование работ позволяет распределить обязанности между исполнителями проекта, рассчитать заработную плату сотрудников, а также гарантирует реализацию проекта в срок.

Составим дерево целей проекта, учитывая все этапы работ, входящие в его реализацию (рисунок 14).

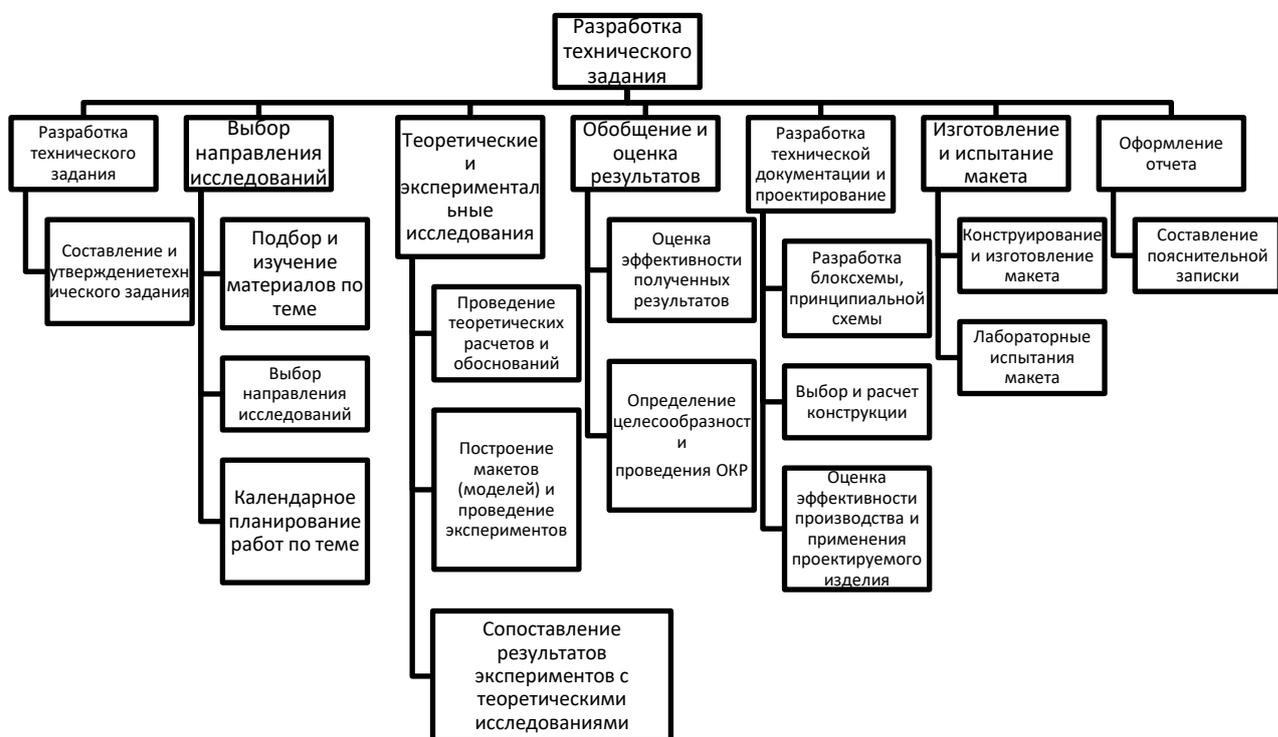


Рисунок 14 – Дерево целей

На основании дерева целей проекта составим табличную модель, определим основные параметры каждой работы проекта: ее номер, наименование, продолжительность, требуемые ресурсы для ее выполнения (таблица 3.1).

В данной работе проектная организация состоит из двух типов сотрудников:.

Таблица 10– Работы при реализации проекта

Номер	Наименование	Продолжительность, дней	Исполнители
1	Составление и утверждение технического задания	2	Руководитель темы, Студент- дипломник
2	Подбор и изучение материалов по теме	7	Руководитель темы, Студент- дипломник
3	Разработка эскиза	10	Руководитель темы, Студент- дипломник
4	Проектирование приспособления	10	Руководитель темы, Студент- дипломник
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	Студент- дипломник
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	4	Студент- дипломник
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	8	Руководитель темы, Студент- дипломник
8	Оценка эффективности полученных результатов	13	Руководитель темы,
9	Определение целесообразности проведения ОКР	16	Руководитель
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	8	Руководитель Студент- дипломник
11	Выбор и расчет конструкции	7	Руководитель темы, Студент- дипломник
12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	5	Руководитель темы, Студент- дипломник
13	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	10	Студент- дипломник

продолжение таблицы 10

14	Лабораторные испытания макета	5	Студент- дипломник
15	Составление пояснительной записки	5	Студент- дипломник

На основании составленной табличной модели построим график Ганта .

График Ганта является горизонтальным ленточным графиком, на котором работы по разрабатываемому проекту представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работы.

№ ра б	Содержание работ	Должность исполнителя	tki	Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы, Студент-дипломник	2	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель темы, Студент-дипломник	7		■												
3	Разработка эскиза	Руководитель темы, Студент-дипломник	10			■											
4	Проектирование приспособления	Руководитель, Студент-дипломник	10				■										
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент-дипломник	5					■									
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент-дипломник	4						■								
7	Сопоставление результатов экспериментов с	Руководитель, Студент-дипломник	8							■							

По итогам планирования с помощью графика Ганта был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 115 дня.

3.4 Бюджет затрат на реализацию проекта

При планировании бюджета необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для того чтобы формировать бюджет проекта используется следующая группа затрат:

- материальные затраты проекта;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.4.1 Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы Z_m , руб
Краска для принтера	шт.	1	600	600
Бумага для принтера А4 (500 листов)	пачка	1	220	220
Универсальная токарная 16К20	шт.	1	139000	139000
Вертикально-сверлильный станок модель 2Н125	шт.	1	285 000	285000

продолжение таблицы 11

Токарный станок с ЧПУ T-6AM LEADWELL T	шт.	1	3 000 000	3 000 000
Вертикально-фрезерные обрабатывающие центры колонного типа MCV-720	шт.	1	3 200 000	3 200 000
Сталь конструкционная легированная	кг.	5	80	400
Затраты на инструменты	шт.	12	600	7200
Затраты на приспособления	шт.	4	800	3200
Итого, руб				6 624 820

В сумме материальные затраты составили 6624820 рублей. Цены взяты средние по городу Томску.

3.4.2 Заработная плата исполнителей проекта

Статья включает в себя основную заработную плату $Z_{осн}$ и дополнительную заработную плату $Z_{доп}$:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20 % от $Z_{осн}$.

Основная заработная плата работника:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб.дн. (таблица 3.1);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d},$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб.дней $M=11$ месяцев, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб.дней $M=10$ месяцев, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Расчет заработной платы руководителя (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 18000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 35100 \text{руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{35100 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1755 \text{руб.};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1755 \cdot 13 = 22815 \text{руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,135 \cdot 22815 = 3080 \text{руб.}$$

Расчет заработной платы студента (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 19000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 37050 \text{руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{37050 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1852,5 \text{руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1852,5 \cdot 17 = 31495,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,135 \cdot 31495,5 = 4251,5 \text{ руб.}$$

Таблица 12 – Расчет заработной платы работников

Исполнитель проекта	$Z_{\text{тс}}, \text{руб.}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб.}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб.}$	$T_p, \text{раб. дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб.}$	$k_{\text{д}}$	$Z_{\text{доп}}, \text{руб.}$	Итого, руб.
руководитель	18000				35100	1755	13	22815		3080	25895
студент	19000	0,3	0,2	1,3	37050	1852,5	17	31495,5	0,135	4251,5	35747

3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя установленные законодательством РФ нормы органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионный фонд (ПФ) и медицинское страхование (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

В таблице 13 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель проекта	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	22815	3080
Студент	31495,5	4251,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Руководитель	7768,5	
Студент	10724,1	

3.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$Z_{\text{нак}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%.

$$Z_{\text{нак}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16$$

$$Z_{\text{нак}} = (6624820 + 61642 + 18492,6) \cdot 0,16 = 1072793 \text{ руб.}$$

3.5 Формирование затрат на реализацию проекта

Определение бюджета на проект приведено в таблице 14.

Таблица 14 – Бюджет затрат на проектирование закалочной установки

Наименование	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты проекта	6624820	85
2. Затраты по основной зарплате	54310,5	0,91
3. Затраты по дополнительной зарплате	4331,5	0,05
4. Отчисления во внебюджетные фонды	18492,6	0,24
5. Накладные расходы	1072793	13,8
Бюджет затрат на проектирование	7774747,6	100

Бюджет всех затрат проекта равен *7774747 рублей*. Наибольший процент бюджета составляют материальные затраты проекта (85 %).

3.6 Ресурсоэффективность

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,2	5
2. Легкость обслуживания	0,2	4
3. Долговечность	0,3	4
4. Энергоэкономичность	0,15	4
5. Материалоемкость	0,15	5
Итого	1	4,35

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,35.$$

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогамбыл установленпредполагаемый срок выполнения проекта – 115 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 7774747,6 рублей.

Показатель ресурсоэффективности по пятибальной шкале $I_p = 4,35$, что говорит об эффективной реализации проекта.

На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
158Л51	Лю Имин

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологического процесса изготовления полумуфты	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследования является участок цеха, а также содержащиеся в данном цеху станки и сопутствующее оборудование.</p> <p>Область применения: автоматизация технологического процесса.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового 	<p>Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03,ФЗ – 197.</p>

законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
2. Производственная безопасность: 2.1. Производственный шум 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия 2.3.Электробезопасность 2.4.Микроклимат	Оценка рабочего места на наличие вредных факторов. Действие фактора на организм человека. Приведение допустимых норм с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ. Предлагаемые методы снижения воздействия вредных факторов. Оценка помещения по электробезопасности. Меры по защите от поражения.
3. Экологическая безопасность:	В данном разделе производится анализ влияния производственных факторов на окружающую среду и защищать окружающую среду.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 4.1. Потенциальная опасность 4.2. Противопожарная безопасность	Оценка пожарной опасности помещения. План эвакуации..

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Л51	Лю Имин		

Введение

Жизнедеятельность человека протекает в постоянном контакте со средой обитания, окружающими предметами, людьми. Среда обитания может оказывать благотворное или неблагоприятное влияние на состояние здоровья человека, его самочувствие и работоспособность.

Защитой человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения и достижением комфортных условий жизнедеятельности и занимается наука БЖД - безопасность жизнедеятельности.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

4. Социальная ответственность

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ. Гарантом Конституции РФ является Президент. Президент РФ издает указы и распоряжения, обязательные для исполнения на всей территории РФ. Федеральные законы принимаются Государственной Думой, рассматриваются Советом Федерации, подписываются и обнародуются Президентом.

В состав этих основ входит:

1. Экологическая безопасность.

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии с марта 1992г. федерального закона «Об охране окружающей среды» в комплексе с мерами

организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия. Закон содержит свод правил охраны окружающей среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство. Задачами этого законодательства являются: охрана природной среды, предупреждение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности, оздоровление окружающей природной среды, улучшение ее качества.

2. Охрана труда

Это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Законодательство РФ об охране труда состоит из соответствующих норм Конституции РФ, основ законодательства РФ об охране труда и издаваемых в соответствии с ними законодательных и иных нормативных актов.

3. Чрезвычайные ситуации.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты населения, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ, объектов производственного и социального назначения, а так же окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

4.2 Производственная безопасность

На современном заводе, где находятся различные электроустановки и станки с ЧПУ, опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на следующие вредные факторы:

1. Физические

Физически опасные и вредные производственные факторы: движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, повышенный уровень шума повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенный уровень вибрации, повышенная или пониженная влажность воздуха, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

2. Химические

Химические опасные и вредные производственные факторы подразделяются по характеру действия на организм человека на: общетоксичные, раздражающие, sensibilizing, канцерогенные, мутагенные.

3. Биологические

Биологические опасные и вредные производственные факторы включают биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы, простейшие организмы) и продукту их жизнедеятельности.

4. Психофизиологические

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психологические (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки и перенапряжение анализаторов).

Основными опасным фактором на заводе являются:

- Пыль на заводе;
- Электрический ток;
- Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования.

Возможные вредные факторы:

- Шум и вибрация машин;

- Состояние воздушной среды;
- Освещенность.

Таблица 16 – Возможные опасные и вредные факторы

Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата.	+	+	+	<p>Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы.</p> <p>Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].</p>
2. Превышение уровня шума.		+	+	
3. Отсутствие или недостаток естественного света.	+	+		
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	+	+		
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через человека.	+	+	+	

4.2.1 Производственный шум

Шум наиболее неблагоприятный фактор, воздействующий на человека. В

результате утомления из-за сильного шума увеличивается число ошибок при работе, повышается опасность возникновения травм и снижается производительность труда. Шум представляет собой механические колебания в упругих средах и телах, частоты лежат в диапазоне от 16-20 Гц до 11,2 кГц и которое способно воспринимать человеческое ухо. Шум состоит из огромного количества гармонических колебаний разных частот. Шумы различной частоты действуют на организм по-разному, что учитывается при нормировании шумов.

Допустимые уровни шума на рабочих местах регламентируются СН № 2.2.4/2.1.8.562-92. Шум в венткамере не должен превышать допустимых норм 100 дБ (А), в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83, а в помещении 65 дБ (А). Таблица: Допустимые значения шумовых характеристики

К источникам аэродинамических шумов можно отнести сам центробежный вентилятор, то есть при вращении на высоких скоростях движущих частей и мотора он выделяет определенный уровень шума. При его установке были уточнены показатели вышеуказанного и его шумовые характеристики соответствуют нормам по шуму подобных объектов молочной промышленности. Ещё одним источником создания шумовых волн является воздуховод и воздухораспределительные и регулирующие устройства. Различные соединения, неплотности, повороты в системе воздухораспределения вызывают небольшие колебания, что также приводит к появлению шума.

Для снижения уровня звукового давления в помещениях до требуемого по санитарным нормам, предусмотрено конструкцией центрального кондиционера усиленная шумопоглощающая изоляция, нанесенная на внутреннюю поверхность. Хотя частично, затухание шума в воздухораспределительной системе происходит за счет трения воздуха о стенки, потерь в местных сопротивлениях, а также частичное отражение и поглощение ограждающими конструкциями. Но для достижения санитарных норм этого не достаточно, поэтому в проекте были предусмотрены шумоглушители для подавления остаточных шумов.

4.2.2 Освещенность

Выбор светильников

Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. Наиболее распространёнными являются люминесцентные лампы. Которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ: по спектральному составу они близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы [ГОСТ 6825-91].

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк [по СанПиН 23-05-95], что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране, для этого необходимо ограничить отраженную блёскость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 12$ м, ширина $B = 8$ м, высота = 4 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 12 \times 8 = 96 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_C=40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{П}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $KЗ = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 3000 \text{ Лм}$.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1000 мм, ширина – 250 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле: $h = h_n - h_p$, где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса, h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 4 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 1 - 0,5 = 2,5 \text{ м}.$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,5 = 3 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{8}{3} = 2,6 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{12}{3} = 4$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 4 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{3}{3} = 1 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{12 \cdot 8}{2,5 \cdot (12 + 8)} = 1,96$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 40\%$ и индексе помещения $i = 1,96$ равен $\eta = 0,65$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,65} = 4874 \text{ лм}$$

Рассчитав световой поток Φ , зная тип лампы, выбирается стандартная ближайшая лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы. Если необходимый поток светильника выходит за пределы диапазона (-10 ÷ +20%), то корректируется число светильников n либо высота подвеса светильников.

Выбираем стандартную ближайшую лампу – ЛТБ 65 Вт.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{4600 - 4874}{4600} \cdot 100\% = -6,0\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq -6,0\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы диапазона (-10 ÷ +20%), то корректировать число светильников и либо высоту подвеса светильников нет необходимости.

4.2.3 Электробезопасность

Электрические установки, к которым относится все оборудование ПЭВМ, представляют для человека потенциальную опасность. Воздействие тока может привести к электрической травме, то есть повреждению организма электрическим током или электрической дугой. Помещения, где находятся рабочие места операторов, относятся к категории помещений без повышенной опасности, оборудование относится к классу до 1000 В. Оператор работает с оборудованием на 220 В. Наиболее часты, бывают случаи касания рукой или другими частями тела корпусов компьютеров и дисплеев. Для предотвращения электротравматизма необходимо применять наиболее дешевый и эффективный способ защиты рабочего места программиста, которым является защитное заземление. Принцип действия заземления заключается в многократном уменьшении тока, протекающего через человека в случае утечки. Человек-программист должен быть обучен правилам эксплуатации электрооборудования и оказанию первой помощи при поражении электрическим током.

Поражение электротоком может варьировать от незначительных болевых ощущений при отсутствии органических и функциональных изменений до ожогов III - IV степеней (обугливание) и шока.

При поражении электротоком следует быстро отключить ток, освободить пострадавшего от проводов с соблюдением мер предосторожности по нераспространению тока на лиц, участвующих в оказании помощи (освобождать пострадавшего в резиновых перчатках или обернуть руки сухой тканью, встать на сухую доску или коврик)

При поражении электротоком следует обратить внимание на дыхание и сердечно-сосудистую систему. В случае остановки дыхания и сердечной деятельности немедленно начать непрямой массаж сердца (надавливание ладонями быстрыми толчками в области середины грудной кости, ближе слева, в ритме 40-60 толчков в минуту) и искусственное дыхание рот в рот (предварительно закрыть рот пострадавшему и, вдохнув полной грудью, выдохнуть через марлю или носовой платок, в рот пострадавшему) или рот в нос (предварительно закрыть рот пострадавшему и аналогичным образом осуществлять выдох в нос через марлю или носовой платок). Искусственное дыхание проводят с частотой 16-18 раз в минуту. Одновременно вызывают специализированную бригаду скорой помощи.

Непрямой массаж сердца и искусственное дыхание проводят до полного восстановления или до оказания специализированной помощи.

При ослаблении сердечной деятельности и дыхания необходимо обеспечить подачу свежего воздуха, дать понюхать на ватке нашатырный спирт, влить в рот чайную ложку (или 25 капель) кордиамина, провести похлопывание по щекам.

При повреждении кожи наложить стерильную повязку и направить пострадавшего к врачу. Поврежденную поверхность кожи вокруг ожога следует обработать зеленкой или розовым раствором марганцовки.

В кабинете программистов должна быть аптечка первой доврачебной помощи, состав которой представлен в приложении.

4.2.4 Микроклимат

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения.

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³/человека с учетом максимального числа одновременно работающих всмену. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Таблица 17 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22...24 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23...25 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	0,1...0,2 м/с

Таблица 18 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³

Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

4.3 Экологическая безопасность

Окружающая среда является одной из наиболее фундаментальных категорий современной науки и практики, которая стоит в одном ряду с такими категориями, как мир, экономика, общество, демократия.

Охрану окружающей природной среды составляют: правовая охрана в виде юридических законов; материальное стимулирование природоохранной деятельности; инженерная охрана, разрабатывающая природоохранную и ресурсосберегающую технологию.

На заводе для перехода к безотходным производствам в бюро необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров соответственно бумаги.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Также необходимо утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации (демеркуризации) люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны, энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции

практически сравнима со стоимостью новой лампы. Технология новосибирских водников дешева и экологически безопасна. Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как впрочем, и само стекло, и цоколи.

4.4 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

4.4.1 Потенциальная опасность

Потенциальная опасность - это опасность скрытая, неопределенная во времени и пространстве. Реализуется потенциальная опасность через причины и в случае, если нежелательные последствия будут значительные, то это событие классифицируется как чрезвычайная ситуация

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Экологическая катастрофа (экологическое бедствие) - чрезвычайное событие особо крупных масштабов, вызванное изменением (под воздействием антропогенных факторов) состояния суши, атмосферы, гидросферы и биосферы, сопровождающееся массовой гибелью живых организмов и экономическим ущербом.

4.4.2. Противопожарная безопасность

В кабинете программного отдела источником воспламенения может быть неисправная проводка, блок питания персонального компьютера, неисправный

монитор, ИБП (источник бесперебойного питания - батарея) и др. периферийные устройства. Источником воспламенения на производстве может быть искрение от электродвигателя, чрезмерный нагрев от трения вала вентилятора, искры от ударов лопаток вентилятора о кожух, статическое электричество, самовозгорание пыли и других источников возгорания. Пожарную опасность представляют воздухопроводы, а также сам центральный кондиционер (воздухоохладители, фильтры, воздухонагреватели) и другие аппараты, в которых может скапливаться значительное количество пыли и горючих веществ.

Если возникает пожар, то человек, заметивший его, должен известить об этом пожарную охрану и начать тушение пожара. Наиболее дешевым средством тушения пожара является вода (кроме тушения легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин и т.п.) и тушения электроустановок без предварительного отключения электрического напряжения). В каждом помещении должен находиться огнетушитель. Огнетушители бывают: воздушно-пенные, жидкостные, порошковые, углекислотные, углекислотнобромэтиловые, химические пенные. Углекислотные огнетушители (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) предназначены для тушения пожара в электроустановках, находящихся под напряжением, персональных компьютеров и другое оборудование. Порошковые огнетушители предназначены для тушения небольших очагов загорания щелочных металлов кремнийорганических соединений. Песок используют для тушения небольших очагов воспламенения кабелей, электропроводки и горючих жидкостей: масла, краски и т.п.

На заводе основными причинами пожаров являются нарушение технологического режима работы оборудования, неисправность электрооборудования, плохая подготовка оборудования к ремонту, самовозгорание различных материалов и др. В соответствии с нормативными документами (ГОСТ 12.1.044-84 «Пожарная безопасность» и ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность».

Для профилактики возникновения пожаров необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия [ГОСТ 12.1.004]:

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию. Рабочие места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами составляет более 4,07 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1 м, что соответствует нормам, а поэтому дополнительных мер защиты не требуется;

- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников;
- иметь в помещениях и строениях, находящихся в их собственности (пользовании), первичные средства тушения пожаров и противопожарный инвентарь в соответствии с правилами пожарной безопасности и перечнями, утвержденными соответствующими органами местного самоуправления.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В кабинете имеется порошковый огнетушитель типа ОП–5 и находится пожарный щит, установлен рубильник, обесточивающий всю аудиторию, на двери аудитории приведен план эвакуации в случае пожара;

- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

Так же необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот выход, но не менее 0.8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не

менее 2 м. План эвакуации приведен на рисунке 16



Рисунок 16 – План эвакуации

В результате исследования рассмотрены правые и организационные вопросы обеспечения безопасности, проанализированы возможные опасные и вредные факторы при производстве деталей кулачковой полумуфты, выбраны светильники модель ЛТБ 65 Вт на заводе, рассмотрены основные причины пожаров и стандарт эвакуационного выхода.

Заключение

В ходе данной выпускной квалификационной работы выполнена технологическая подготовка производства изготовления детали кулачковой полумуфты, которая включает в себя анализ технологичности конструкции детали, определение типа производства, выбор исходный заготовка, разработка маршрута технологии изготовления кулачковой полумуфты.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проанализованы конкурентные технические решения и ресурсоэффективности, разработано планирование проекта, рассчитан бюджет затрат на реализацию проекта.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Список литературы

1. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Том 1. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.М.Дальского и А.Г. Сулова.Пятое издание, исправленное. 2003. -912 с, илл.
2. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Том 2. Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.М. Дальского и А.Г. Сулова. Пятое издание, исправленное. 2003. -943 с, илл.
3. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей. В. Ф. Скворцов - ISBN 5-98298.
4. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Горбацевич А. Ф. Шкред В. А. ISBN 978-5-91872-082-0
5. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков.Изд-е 4-е, исправил. И доп. Л., «Машиностроение» (Ленингр. Отд-ние), 1975 г.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойн и др.; Под общ. Ред. А.А.Панова. - Машиностроение, 1988. - 736 с.: ил. -450-7 5-217-00032-5.