



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Бобровский

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

**(уровень специалиста)**

**направление подготовки 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение**

**автоматизированных машиностроительных производств**

**Специальность «Технология машиностроения»**

Студент Санков Василий Иванович гр. ТМз-1001

1. Тема Технологический процесс изготовления шлицевого вала коробки передач универсально-фрезерного станка Prota

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 6000 шт в год; режим работы участка – двухсменный

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)

*Титульный лист. Задание. Реферат (аннотация). Содержание.*

*Введение, цель проекта*

*1) Описание исходных данных*

*2) Технологическая часть проекта*

*3) Совершенствование операций с помощью: научных исследований*

*4) Проектирование приспособления*

*5) Проектирование режущего инструмента*

*6) Проектирование производственного участка*

*7) Безопасность и экологичность технического объекта*

*8) Экономическая эффективность проекта*

*Заключение. Список использованных источников.*

*Приложения: технологическая документация*

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель проекта.....	6
1 Описание исходных данных.....	7
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	7
1.2 Анализ технологичности детали.....	7
1.3 Систематизация поверхностей детали.....	9
1.4 Определение типа производства.....	10
1.5 Задачи проекта.....	10
2 Технологическая часть проекта.....	11
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	15
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	17
2.5 Разработка технологического маршрута.....	23
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	25
2.7 Проектирование технологических операций.....	41
3 Совершенствование операции с помощью научных исследований.....	46
3.1 Цель исследований.....	46
3.2 Исследование влияния накладных стружколомов на процесс резания.....	46
3.3 Выводы по результатам научных исследований.....	50
4 Проектирование приспособления.....	51
4.1 Исходные данные.....	51
4.2 Расчет сил резания.....	51
4.3 Расчет усилия зажима.....	52
4.4 Расчет зажимного механизма и силового привода.....	56
4.5 Расчет точности приспособления.....	57
4.6 Описание конструкции приспособления.....	59
5 Проектирование режущего инструмента.....	61
6 Проектирование производственного участка.....	64
6.1 Исходные данные.....	64

6.2 Расчет необходимого оборудования.....	65
6.3 Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих, служебного персонала и МОП.....	68
6.4 Определение площади участка.....	70
6.5 Компоновка участка.....	70
7 Безопасность и экологичность технического объекта.....	72
7.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	72
7.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	73
7.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	76
7.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	81
7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	85
7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	88
8 Экономическая эффективность проекта.....	90
8.1. Краткая характеристика сравниваемых вариантов.....	90
8.2. Расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки.....	94
8.3. Расчет дополнительных исходных данных для станков с ЧПУ.....	95
8.4. Расчет капитальных вложений в совершенствование техпроцесса.....	95
8.5. Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	97
8.6. Расчет показателей экономической эффективности.....	100
Заключение.....	103
Список использованных источников.....	104
Приложения.....	107

## АННОТАЦИЯ

УДК 621.9.062.3-233.1

Санков В.И. Технологический процесс изготовления шлицевого вала коробки передач универсально-фрезерного станка Proma. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

В дипломном проекте производится проектирование технологического процесса изготовления шлицевого вала коробки передач универсально-фрезерного станка Proma на базе типового техпроцесса.

Ряд операций подвергаются совершенствованию за счет применения научных исследований, проектирования технологической оснастки и режущего инструмента. Эффективность принятых решений проверяется экономическими расчетами.

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

В сложившихся на настоящий момент экономических условиях для производства продукции машиностроения требуется применение современного технологического оборудования. Данное решение позволит существенно сократить эксплуатационные затраты на оборудование, сократить время на изготовление продукции и увеличить качество, что позволит максимально снизить себестоимость продукции и обеспечить его конкурентоспособность. Разработка и производство такого оборудования требует особого внимания к технологии изготовления отдельных деталей и сборки в целом.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос разработки технологического процесса изготовления шлицевого вала, который входит в конструкцию коробки передач универсально-фрезерного станка Proma.

Целью работы является разработка эффективного технологического процесса изготовления шлицевого вала при заданном объеме выпуска деталей 6000 штук в год.

## 1 Описание исходных данных

### 1.1 Анализ служебного назначения детали

Шлицевой вал входит в состав коробки подач универсально-фрезерного станка. Основное его назначение - передача крутящего момента от зубчатого колеса ведущего вала при помощи боковых поверхностей шпоночного паза и боковых поверхностей шлиц.

Вал устанавливается в корпусе по типовой схеме, т.е. при помощи двух шарикоподшипников, которые устанавливаются на шейках вала.

Рабочая среда неагрессивная, т.к. при работе шлицевой вал находится в закрытом корпусе, а смазывание шарикоподшипников осуществляется консольной смазкой.

### 1.2 Анализ технологичности детали

Проанализируем материал детали.

Сталь 40ХГ ГОСТ 4543-73. Химический состав [1]: 0,36-0,44%С, 0,8-1,1%Cr, 0,8-1,1%Mn, 0,3%Cu, 0,3%Ni, 0,035%S, 0,035%P, 0,17-0,37%Si. Прочность  $\sigma_b$  в состоянии поставки до 780 МПа, после закалки 1000 МПа. Механические характеристики материала полностью отвечают заданным условиям его работы.

Для достижения заданной твердости детали необходима термообработка. Исходя из материала детали, ее выполнение не требует каких-либо специальных условий и выполняется по типовому техпроцессу.

Обрабатываемость резанием, оцениваемая коэффициентом обрабатываемости материала, составляет [2]  $K_o = 0,8$  при обработке твердосплавным инструментом, и  $K_o = 0,7$  при обработке быстрорежущим инструментом.

Эти показатели являются приемлемыми, следовательно, никаких специальных дорогостоящих инструментальных материалов применять не нужно.

Заготовку шлицевого вала можно получить из проката или штамповкой на прессе. В обоих случаях форма заготовки и ее элементов достаточно простая. Однако, заданной точности поверхностей на заготовительной операции добиться не получится. Поэтому механической обработке придется подвергнуть все поверхности.

Проанализируем конструкцию детали на технологичность.

Шлицевой вал имеет ступенчатую конфигурацию, что характерно для данного вида деталей. При этом ступени убывают по диаметру от середины детали. Такая конфигурация позволяет выполнять обработку максимального количества поверхностей детали с одного установа.

В конструкции детали имеются унифицированные элементы, такие как центровые отверстия, радиусы закруглений и фаски. Обработка данных элементов производится стандартизированным режущим инструментом.

Исходя из проведенного анализа конструкции детали можно сказать, что на участке по обработке данной детали целесообразно применять универсальное оборудование, оснастку, инструмент и контрольно-измерительные приборы. Поэтому обработку можно проводить по типовому техпроцессу.

Следовательно, конструкцию детали можно считать технологичной.

Проанализируем базирование и закрепление детали.

В качестве черновых технологических баз могут быть приняты основные конструкторские базы (предпочтительный вариант) или любые другие шейки и уступы.

В качестве чистовых технологических баз могут быть приняты цилиндрические поверхности или специально выполненные центровые отверстия (предпочтительный вариант).

Стоит также отметить, что измерительные базы детали можно использовать в качестве технологических баз, что положительно скажется на точности обработки.

Из проведенного анализа базирования и закрепления детали можно сделать вывод о высокой технологичности детали.

Проанализируем технологичность обрабатываемых поверхностей.

Механической обработке придется подвергнуть все поверхности, т.к. заготовительная операция не обеспечит заданную точность поверхностей.

Точность и шероховатость поверхностей детали определяются условиями работы вала, поэтому изменение данных параметров не представляется возможным.

В конструкции шлицевого вала предусмотрены канавки, что позволяет разделить поверхности с различными точностными характеристиками и обеспечивает выход режущего инструмента из зоны резания.

Таким образом, можно сделать вывод о высокой технологичности обрабатываемых поверхностей.

### 1.3 Систематизация поверхностей детали

Для выявления наиболее значимых поверхностей, от которых зависят эксплуатационные показатели, как самой детали, так и всего механизма в целом, проводим их систематизацию по назначению.

Для этого все поверхности детали номеруем и разделяем на: основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные поверхности и свободные поверхности.

Эскиз детали с пронумерованными поверхностями представлен на рисунке 1.1. В таблице 1.1. представлена классификация поверхностей детали.

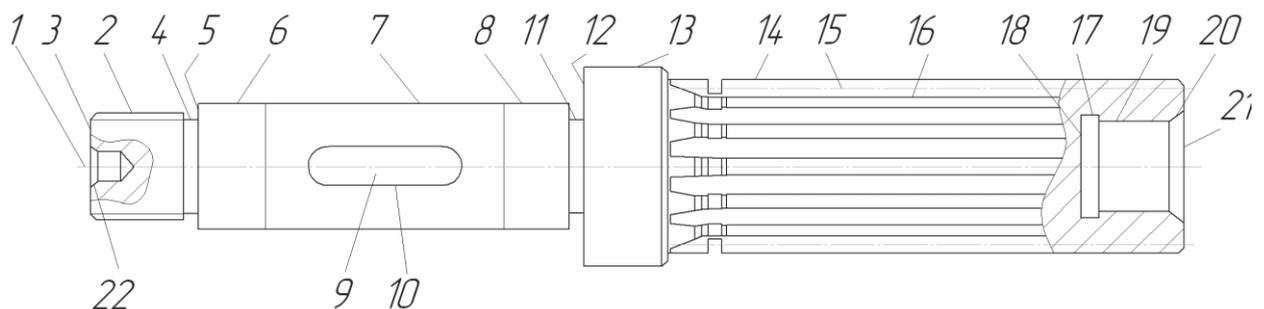


Рисунок 1.1 - Систематизация поверхностей детали

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	6, 8, 12
Вспомогательная конструкторская база	7, 9, 13, 14, 19
Исполнительная поверхность	2, 10, 15
Свободные поверхности	Все оставшиеся поверхности

#### 1.4 Определение типа производства

Тип производства определим табличным методом - по объему выпуска деталей и массе детали. В данном случае имеем: заданный объем выпуска детали 6000 шт. в год, масса детали 1,1 кг. Согласно [3] это соответствует среднесерийному типу производства.

#### 1.5 Задачи проекта

Исходя из проведенного выше анализа можно сформулировать следующие задачи проекта:

- спроектировать технологический процесс на базе типового, который позволит производить обработку деталей, с минимальным количеством переустановок;
- максимально уменьшить время на обработку детали за счет сокращения основного и вспомогательного времени путем совмещения операций, применения современных средств технологического оснащения;
- проанализировать имеющиеся научные исследования на предмет возможного их применения в проектируемом техпроцессе, с целью получения экономического эффекта;
- рассмотреть возможность применения и провести проектирование специальной оснастки и специального режущего инструмента;
- спроектировать участок по механической обработке с наиболее рациональным размещением оборудования, что позволит грамотно организовать производство.

Решение всех этих задач позволит снизить себестоимость изготовления шлицевого вала.

## 2 Технологическая часть проекта

### 2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Стратегия разработки техпроцесса зависит от типа производства. В нашем случае тип производства среднесерийный.

Исходя из этого наиболее целесообразно применить [4]: последовательный вид стратегии и групповую форму организации техпроцесса. Выпуск изделий производить периодически повторяющимися партиями.

При проектировании заготовки следует отдать предпочтение таким методам как прокат и штамповка.

Для окончательного выбора метода обработки необходимо проанализировать коэффициенты удельных затрат.

Исходя из типа производства, припуск на обработку должен быть незначительным, а определение его значений должно производиться табличным методом. На наиболее точные поверхности допускается определение припусков по переходам.

Точность обработки обеспечивается методом работы на настроенном оборудовании. Возможно применение активного контроля. Настройка оборудования выполняется по измерительным инструментам и приборам.

Техпроцесс разрабатывается на базе типового. При этом прорабатывается маршрутная технология. Для наиболее сложных операций разрабатывается маршрутно-операционная технология. При формировании маршрута применяется принцип экстенсивной, в отдельных случаях интенсивной концентрации операций.

Определение режимов резания целесообразно производить по общемашиностроительным нормативам, в отдельных случаях по эмпирическим формулам. Нормирование выполняется на основе опытно-статистических норм.

Следует использовать следующие средства технологического оснащения: универсальное и оснащенное ЧПУ оборудование; универсальные, стандартные, универсально-сборные, в отдельных случаях специальные станочные приспособления; стандартные, в отдельных случаях специальные режущие

инструменты; универсальные, в отдельных случаях модернизированные средства контроля.

По возможности желательно производить одновременную обработку нескольких поверхностей, исходя из возможностей оборудования.

Оборудование размещается на участке по типам станков. Квалификация рабочих достаточно высокая, т.к. перенастройка оборудования производится достаточно часто, а в ряде случаев необходимо производить работы методом пробных ходов и промеров.

## 2.2 Выбор метода получения заготовки

Выберем метод получения заготовки путем экономического сравнения различных методов согласно методики [5].

Как отмечалось ранее, в качестве заготовки целесообразно применять прокат или горячую штамповку.

Сравним общие затраты на получение детали для этих методов:

$$C_i = C_{3i} + C_{OBR.i}, \quad (2.1)$$

где  $C_i$  - общие затраты;

$C_{3i}$  - затраты на получение заготовки;

$C_{OBR.i}$  - затраты на обработку;

$i$  - номер варианта получения заготовки.

Индекс  $i=1$  присваиваем для заготовки полученной из проката, индекс  $i=2$  присваиваем для заготовки полученной штамповкой.

Затраты на получение заготовки:

$$C_{3i} = \frac{C_{M.i} \cdot M_{3.i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

$$C_{3i} = \frac{C_{M.i} \cdot M_{Д.i}}{1000 \cdot K_{ИМ}} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.3)$$

где  $C_{Mi}$  – цена за тонну металла;

$M_{zi}$  – масса заготовки;

$M_{di}$  – масса детали, кг;

$K_{им}$  – коэффициент использования металла;

$K_{сп}$  – коэффициент, учитывающий способ получения заготовки;

$K_T$ ,  $K_{сл}$  – коэффициенты, учитывающие точность и сложность заготовки.

Расчет ведем для каждого варианта.

Определяем припуски на изготовление.

Припуск для штампованной заготовки согласно [6]:

Припуск на пов. 3:  $Z_1=1,3$  мм

Припуск на пов. 7:  $2Z_2=2,8$  мм

Припуск на пов. 12:  $Z_3=1,5$  мм

Припуск на пов. 13:  $2Z_4=2,8$  мм

Припуск на пов. 21:  $2Z_5=1,3$  мм

Припуск на заготовку из проката согласно [6]:

Припуск на пов. 1:  $Z_1=2$  мм

Припуск на пов. 21:  $Z_2=2$  мм

Припуск на пов. 13:  $2Z_3=3$  мм

Масса детали:

$$M_o = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + \dots) \rho, \quad (2.4)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков вала;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков;

$\rho$  – плотность материала.

$$M_o = \frac{\pi}{4} (2,5^2 \cdot 9,7 + 3,2^2 \cdot 1,8 + 3,0^2 \cdot 9) \cdot 0,00785 = 1,1 \text{ кг.}$$

Масса заготовки из проката:

$$M_{31} = 0,00785 \cdot d^2 \cdot l \cdot \rho \quad (2.5)$$

где  $d$  – диаметр проката, см;

$l$  – длина заготовки, см.

$$M_{31} = (\pi \cdot 3,5^2 \cdot 20,9 \cdot 0,00785) / 4 = 1,578 \text{ кг.}$$

Масса заготовки полученной методом штамповки:

$$M_{32} = 0,785 \cdot (d_1^2 \cdot l_1 + d_2^2 \cdot l_2 + \dots) \cdot K_{шт} \cdot \rho \quad (2.6)$$

где  $d_1, d_2 \dots$  – диаметры цилиндрических участков штамповки;

$l_1, l_2 \dots$  – длины цилиндрических участков штамповки;

$K_{шт}$  – коэффициент, учитывающий уклоны, смещения штампа, радиусы перехода, облой.

$$M_{32} = 0,785 \cdot (2,75^2 \cdot 9,68 + 3,48^2 \cdot 11,08) \cdot 1,05 \cdot 0,00785 = 1,357 \text{ кг}$$

Определим коэффициент использования металла:

$$K_{им.i} = \frac{M_{д}}{M_3} \quad (2.7)$$

$$K_{им1} = \frac{1,1}{1,58} = 0,7$$

$$K_{им2} = \frac{1,1}{1,36} = 0,81$$

По формуле 2.2 определим стоимость заготовки для каждого метода:

$$C_{31} = \frac{16370 \cdot 1,578 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1}{1000} = 28,41 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{16370 \cdot 1,357 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5}{1000} = 55,54 \text{ руб.}$$

Определим затраты на механическую обработку для каждого метода:

$$C_{OБP.i} = \frac{C_{уд} \left( \frac{1}{K_{ИМ.i}} - 1 \right) M_D}{K_O}, \quad (2.8)$$

где  $C_{уд}$  – удельные затраты на снятие 1 кг стружки при черновой обработке;

$K_O$  – коэффициент обрабатываемости материала.

Получим:

$$C_{OБP1} = \frac{4,5 \cdot 0,95 \cdot \left( \frac{1}{0,7} - 1 \right)}{0,7} = 3,9 \text{ руб.}$$

$$C_{OБP2} = \frac{4,5 \cdot 0,95 \cdot \left( \frac{1}{0,81} - 1 \right)}{0,7} = 2,62 \text{ руб.}$$

Определяем суммарные затраты  $C$  для каждого метода:

$$C_1 = 28,41 + 3,9 = 32,31 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 55,54 + 2,62 = 58,16 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что наиболее выгодным с экономической точки зрения методом получения заготовки является прокат.

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

Выбор методов обработки поверхностей производится согласно рекомендаций [7] и зависит, прежде всего, от точностных характеристик поверхностей и их шероховатости.

Результаты оформим в виде в таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость $R_a$	Последовательность обработки
1	2	3	4	5
2	РН	12	12,5	Т-Тч-НР-ТО

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5
3, 21	П	12	12,5	Ф-ТО
4	Ц	12	12,5	Тч-ТО
5	П	12	12,5	Тч-ТО
6, 8	Ц	6	0,63	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
7, 13, 14	Ц	8	1,25	Т-Тч-ТО-Ш
9	П	9	6,3	ШФ-ТО
10	П	9	3,2	ШФ-ТО
11	Ц	12	12,5	Тч-ТО
12	П	12	1,25	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
15	Ш	10	1,6	Ф-ТО-Ш
16	П	12	12,5	Ф-ТО
17	ЦВ	12	12,5	Тч-ТО
18	ПВ	12	12,5	Тч-ТО
19	ЦВ	8	1,25	С-Р-ТО-Ш-Шч
20	КВ	8	1,25	С-ТО-Ш
22	КВ	8	1,25	С-ТО-Ш

В таблице приняты следующие обозначения: П – плоская поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; Ш – шлицевая; РН – резьбовая наружная поверхность; КВ – коническая внутренняя; Т – точение черновое; Тч – точение чистовое; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое; Ф – фрезерование; ШФ – шпоночное фрезерование; С – сверление; НР – нарезание резьбы; Р – растачивание.

## 2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Расчет припуска для обработки самых точных поверхностей  $\varnothing 25k6^{(+0,015)}_{(+0,002)}$  производим аналитическим методом [8].

Для каждого перехода определяем составляющие припуска.

Суммарная величина:

$$a = Rz + h, \quad (2.9)$$

где  $Rz$  – высота неровностей профиля;

$h$  – глубина дефектного слоя.

Определяем суммарное отклонение формы и расположения поверхностей после обработки на каждом переходе.

$$\Delta = 0,25Td, \quad (2.10)$$

Погрешность установки  $\varepsilon$  заготовки в приспособлении на каждом переходе определяем по соответствующим таблицам.

Определяем минимальное значение припуска:

$$Z_{i \min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.11)$$

где  $i$  - индекс данного перехода;

$i-1$  - индекс предыдущего перехода;

$i+1$  - индекс последующего перехода.

$$Z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,13^2 + 0,025^2} = 0,432$$

$$Z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,05^2 + 0,025^2} = 0,256$$

$$Z_{3 \min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,03^2 + 0,012^2} = 0,282$$

$$Z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,15 + \sqrt{0,008^2 + 0,012^2} = 0,164$$

Определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot (d_{i-1} + Td_{i-1}) \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} Z_{1\max} &= Z_{1\min} + 0,5 \cdot (d_0 + Td_1) = 0,432 + 0,5 \cdot (0,52 + 0,21) = 0,797 \\ Z_{2\max} &= Z_{2\min} + 0,5 \cdot (d_1 + Td_2) = 0,256 + 0,5 \cdot (0,21 + 0,084) = 0,403 \\ Z_{3\max} &= Z_{3\min} + 0,5 \cdot (d_{TO} + Td_3) = 0,282 + 0,5 \cdot (0,13 + 0,033) = 0,364 \\ Z_{4\max} &= Z_{4\min} + 0,5 \cdot (d_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,033 + 0,013) = 0,183 \end{aligned}$$

Определяем среднее значение припуска для каждого перехода:

$$Z_{cpi} = (Z_{i\max} + Z_{i\min}) / 2 \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} Z_{cp1} &= (Z_{1\max} + Z_{1\min}) / 2 = (0,432 + 0,797) / 2 = 0,615 \\ Z_{cp2} &= (Z_{2\max} + Z_{2\min}) / 2 = (0,256 + 0,403) / 2 = 0,330 \\ Z_{cp3} &= (Z_{3\max} + Z_{3\min}) / 2 = (0,282 + 0,364) / 2 = 0,323 \\ Z_{cp4} &= (Z_{4\max} + Z_{4\min}) / 2 = (0,164 + 0,183) / 2 = 0,174 \end{aligned}$$

Определяем предельные размеры для каждого перехода:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\max} + 2 \cdot Z_{i\min} \quad (2.14)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1} \quad (2.15)$$

Расчет начинаем с последнего перехода. Поскольку маршрут содержит термообработку – закалку с отпуском, примем во внимание увеличение размеров при переходе аустенита в мартенсит на 0,1%, т.е.

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999 \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned}
d_{4\max} &= 25,002 \\
d_{4\min} &= 25,015 \\
d_{3\min} &= d_{4\max} + 2 \cdot Z_{4\min} = 25,015 + 2 \cdot 0,164 = 25,343 \\
d_{3\max} &= d_{3\min} + Td_4 = 25,343 + 0,033 = 25,376 \\
d_{TO\min} &= d_{3\max} + 2 \cdot Z_{3\min} = 25,376 + 2 \cdot 0,282 = 25,940 \\
d_{TO\max} &= d_{TO\min} + Td_{TO} = 25,940 + 0,130 = 26,070 \\
d_{2\min} &= d_{TO\min} \cdot 0,999 = 26,070 \cdot 0,999 = 25,914 \\
d_{2\max} &= d_{2\min} + Td_2 = 25,914 + 0,084 = 25,998 \\
d_{1\min} &= d_{2\max} + 2 \cdot Z_{2\min} = 25,998 + 2 \cdot 0,256 = 26,510 \\
d_{1\max} &= d_{1\min} + Td_1 = 26,510 + 0,210 = 26,720 \\
d_{0\min} &= d_{1\max} + 2 \cdot Z_{1\min} = 26,720 + 2 \cdot 0,432 = 27,584 \\
d_{0\max} &= d_{0\min} + Td_0 = 27,584 + 0,520 = 28,104
\end{aligned}$$

Определяем средние значения размера для каждого перехода:

$$d_{icp} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2} \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned}
d_{cp0} &= \frac{d_{0\max} + d_{0\min}}{2} = \frac{28,104 + 27,584}{2} = 27,844 \\
d_{cp1} &= \frac{d_{1\max} + d_{1\min}}{2} = \frac{26,720 + 26,510}{2} = 26,612 \\
d_{cp2} &= \frac{d_{2\max} + d_{2\min}}{2} = \frac{25,998 + 25,914}{2} = 25,952 \\
d_{cpTO} &= \frac{d_{TO\max} + d_{TO\min}}{2} = \frac{26,070 + 25,940}{2} = 26,005 \\
d_{cp3} &= \frac{d_{3\max} + d_{3\min}}{2} = \frac{25,376 + 25,343}{2} = 25,359 \\
d_{cp4} &= \frac{d_{4\max} + d_{4\min}}{2} = \frac{25,002 + 25,015}{2} = 25,009
\end{aligned}$$

Определяем общий припуск на обработку по формулам:

$$2Z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max} \quad (2.18)$$

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + Td_0 + Td_4 \quad (2.19)$$

$$2Z_{cp} = \frac{2Z_{\min} + 2Z_{\max}}{2} \quad (2.20)$$

$$2Z_{\min} = 27,584 - 25,015 = 2,569$$

$$2Z_{\max} = 2,569 + 0,520 + 0,013 = 3,102$$

$$2Z_{cp} = 0,5 \cdot (2,569 + 3,102) = 2,836$$

Результаты расчета заносим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Припуски и операционные размеры

№ Пер.	Наименование перехода	Точность		Составляющие припуска, мм			Припуск, мм			Предельные размеры, мм		
		Квали тет	$Td$ , мм	$a$	$\Delta$	$\varepsilon$	$Z_{min}$	$Z_{max}$	$Z_{cp.}$	$d_{min}$	$d_{max}$	$d_{cp.}$
0	Прокат	14	0,52	0,3	0,13	-	-	-	-	27,584	28,104	27,844
1	Точение черновое	12	0,21	0,2	0,050	0,025	0,432	0,797	0,615	26,510	26,720	26,615
2	Точение чистовое	10	0,084	0,1	0,020	0,025	0,256	0,403	0,330	25,914	25,990	26,952
3	ТО	11	0,130	0,25	0,030	-	-	-	-	25,940	26,070	25,005
4	Шлифование черновое	8	0,033	0,15	0,008	0,012	0,282	0,364	0,323	25,343	25,376	25,359
5	Шлифование чистовое	6	0,013	0,01	0,003	0,012	0,164	0,183	0,174	25,002	25,015	25,009
Общий припуск 2Z							2,569	3,102	2,836			

Припуски на обработку остальных поверхностей определяем табличным методом в следующем порядке: по таблицам [6] определяем  $Z_{i\min}$ ; определяем  $Z_{i\max}$  по формуле:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1} + Td_i} \quad (2.21)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 2.3

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

№ пов.	Наименование перехода	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
3, 21	Фрезерование	1,8	2,47
2	Точение черновое	1,7	2,12
	Точение чистовое	1,1	1,25
12	Точение черновое	1,8	3,3
	Точение чистовое	0,8	1,29
	Шлифование	0,4	0,6
	Шлифование чистовое	0,08	0,19
13	Точение черновое	1,5	1,94
	Точение чистовое	0,3	0,48
	Шлифование	0,5	0,57
	Шлифование чистовое	0,06	0,10
14	Точение черновое	1,5	1,94
	Точение чистовое	0,3	0,48
	Шлифование	0,5	0,57
	Шлифование чистовое	0,06	0,09
19	Сверление	0,8	0,93
	Растачивание	0,5	0,56
	Шлифование	0,4	0,46
	Шлифование чистовое	0,25	0,29

На основании полученных результатов проектируем заготовку в следующем порядке:

- 1) определяем расчетный контур заготовки путем добавления припусков на механическую обработку;
- 2) определяем возможные технологические базы для первой операции;
- 3) определяем условный контур заготовки путем добавления напусков.

Таким образом, наибольший диаметр заготовки из проката:  
 $D_3 = 32 + 3 = 35$  мм.

По ГОСТ 2590-71 принимаем горячекатаный прокат нормальной точности  $D = 35 \begin{matrix} 0,6 \\ \cdot \\ 0,2 \end{matrix}$  мм.

## 2.5 Разработка технологического маршрута

При разработке маршрута обработки содержание операций планируем исходя из принципа концентрации переходов, что повысит производительность и точность обработки.

При разработке схем базирования будем использовать принцип постоянства баз, что обеспечит нулевую погрешность базирования. Также будем стараться использовать принцип совмещения технологических и измерительных баз.

Поверхности заготовки, которые будут использованы в качестве чистовых технологических баз, будем обрабатывать на первой операции механической обработки. При этом, черновые технологические базы заготовки будем использовать для базирования только на первой операции.

Так как, для обеспечения необходимой твердости необходимо произвести термообработку, целесообразно обработку лезвийным инструментом выполнить до термообработки и обработка абразивным инструментом после термообработки.

Маршрут обработки представляем в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 - Технологический маршрут обработки

№	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	Фрезерование	3, 21	005	Фрезерноцентровальная
2	Сверление	19, 20, 22	005	Фрезерноцентровальная
3	Точение	2, 5, 7, 12, 13	010	Токарная
4	Точение	14	015	Токарная
5	Точение	2, 4, 5, 7, 11, 12, 13	020	Токарная
6	Резьбонарезание	2	020	Токарная
7	Точение	14, 17, 18, 19	025	Токарная
8	Фрезерование шпоночных пазов	9, 10	030	Шпоночнофрезерная
9	Фрезерование шлицев	15, 16	035	Шлицефрезерная
10	ТО	все	040	Термическая
11	Центрошлифование	20, 22	045	Центрошлифовальная
12	Шлифование	7, 12	050	Торцекруглошлифовальная
13	Шлифование	13, 14	055	Круглошлифовальная
14	Шлифование	6, 7, 8, 12	060	Торцекруглошлифовальная
15	Шлифование	13, 14	065	Круглошлифовальная
16	Шлифование	19	070	Внутришлифовальная
17	Шлифование	19	075	Внутришлифовальная
18	Шлифование	15	080	Шлицешлифовальная
19	Моечная	Все	085	Моечная
20	Контрольная	Все	090	Контрольная

На основании маршрута обработки формируем план обработки детали, который представляет собой его графическое изображение [7]. На нем указывается для каждой операции тип оборудования, схема базирования и

технологические требования. План обработки входит в графическую часть дипломного проекта.

## 2.6 Выбор средств технологического оснащения

Выполнение данного этапа заключается в выборе для каждой операции оборудования, режущего инструмента и средств контроля.

Выбор металлорежущего оборудования производим на основе сравнения технических характеристик, таких как производительность, точность, габариты, мощность станка [9, 10, 11]. Должен выполняться принцип минимальной достаточности для обеспечения выполнения требований предъявляемых к операции. Также должна обеспечиваться минимальная концентрация переходов на операции. В случае недостаточной загрузки станка, его технические характеристики должны позволять обрабатывать другие детали, выпускаемые данным участком.

Исходя из серийности производства, в данном случае следует отдавать предпочтение станкам с ЧПУ и обрабатывающим центрам. Также возможно применение специализированных станков, гибких технологических модулей и гибких автоматических линий. На каждом станке в месяц должно выполняться не более 40 операций при смене деталей по определенной закономерности.

Если для операции имеется несколько вариантов станков, то для окончательного выбора необходимо сравнить их стоимость и другие экономические показатели.

Данные по выбору оборудования заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 - Выбор технологического оборудования

№ операции	Название операции	Содержание операции	Обрабатываемые поверхности	Квалитет точности	Тип, модель оборудования
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцев	3, 21	12	Фрезерно-центровальный XZK8230
		Сверление центровых отверстий	19, 20, 22	9	
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	2, 5, 7, 12, 13	12	Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10
015	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	14	12	Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10
020	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	2, 4, 5, 7, 11, 12, 13	10	Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10
025	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	14, 17, 18, 19	10	Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10
030	Фрезерная	Фрезерование шпоночных пазов	9, 10	9	Вертикально-фрезерный

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
					FV 321M
035	Шлицефрезерная	Фрезерование шлицев	15, 16	10	Шлицефрезерный ВСН-620 NC22
040	Термическая				
045	Центрошлифовальная	Шлифование центровых отверстий	20, 22	8	Центрошлифовальный 3925
050	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	7, 12	8	Торцекруглошлифовальный JHU- 2710
055	Шлифовальная	Шлифование шеек	13, 14	8	Круглошлифовальный JHU-3510NC/1
060	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	6, 7, 8, 12	6	Торцекруглошлифовальный JHU- 2710
065	Шлифовальная	Шлифование шеек	13, 14	6	Круглошлифовальный JHU-3510NC/1
070	Внутришлифовальная	Шлифование отверстия	19	8	Внутришлифовальный JHI-150 NC
075	Внутришлифовальная	Шлифование отверстия	19	6	Внутришлифовальный JHI-150 NC

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
080	Шлицешлифовальная	Шлифование шлицев	15	8	Шлицешлифовальный 3450
085	Контрольная				
090	Моечная				

Выбор станочных приспособлений следует производить, руководствуясь нижеследующим [9, 12, 13].

Приспособление должно обеспечивать материализацию теоретической схемы базирования заготовки на операции, обеспечивать надежное закрепление заготовки при обработке, заданную точность обработки, обладать необходимым быстродействием.

Исходя из серийности производства, зажим заготовки должен осуществляться автоматически. Желательно использование стандартных, нормализованных и универсально-сборных приспособлений.

Также тип приспособления зависит от модели станка и метода обработки поверхностей. Вид и форма опорных, зажимных и установочных элементов зависят от выбранной теоретической схемы базирования и формы базовых поверхностей.

Данные по выбору приспособлений заносим в таблицы 2.6.

Таблица 2.6 - Выбор приспособлений

№ операции	Тип, модель станка	Содержание операции	Установочные элементы	Зажимные элементы	Типоразмер приспособления
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцев	Призмы установочные, осевой упор	Призмы самоцентрирующие	Тиски самоцентрирующие ГОСТ12195-66
		Сверление центровых отверстий			
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Центр А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ8742-75	Кулачки	Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ2675-80
015	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Центр А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ8742-75	Кулачки	Патрон 3-х кулачковый самоцентрирующий ГОСТ2675-80
020	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Центра А1-3-НП-ЧПУ	Поводок	Патрон поводковый

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
			ГОСТ8742-75		
025	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев, отверстия	Центра А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ8742-75	Лепестки цанги	Патрон цанговый ГОСТ2877-80
030	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	Призмы установочные ГОСТ12195-66, осевой упор	Прихват	Приспособление специальное
035	Шлицефрезерная	Фрезерование шлицев	Центра ГОСТ2575-79	Поводок	Патрон поводковый
040	Термическая				
045	Центрошлифовальная	Шлифование центровых отверстий	Призмы установочные, осевой упор	Призмы самоцентрирующие	Тиски самоцентрирующие ГОСТ12195
050	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Центра неподвижные	Поводок	Патрон поводковый

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
			ГОСТ8742-75		
055	Шлифовальная	Шлифование шеек	Центра неподвижные ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый
060	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Центра неподвижные ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый
065	Шлифовальная	Шлифование шеек	Центра неподвижные ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый
070	Шлифовальная	Шлифование отверстия	Центр неподвижный ГОСТ8742-75	Лепестки цанги	Патрон цанговый ГОСТ2877-80
075	Шлифовальная	Шлифование отверстия	Центр неподвижный ГОСТ8742-75	Лепестки цанги	Патрон цанговый ГОСТ2877-80

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
080	Шлифовальная	Шлифование шлицев	Центра неподвижные ГОСТ8742-75	Поводок	Патрон поводковый ГОСТ8742-75
085	Моечная				
090	Контрольная				

Выбор режущего инструмента [9, 14] производится исходя из типа и модели станка, расположения обрабатываемых поверхностей и метода обработки. Марка инструментального материала выбирается исходя из марки обрабатываемого материала и его состояния. Геометрические параметры режущей части назначаются исходя из формы обрабатываемой поверхности.

Исходя из выбранного типа производства, следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным инструментам.

Данные по выбору режущего инструмента сведем в таблицу 2.7.



Таблица 2.7 - Выбор режущих инструментов

№ операции	Тип, модель станка	Содержание операции	Инструментальный материал	Вид и конструкция режущего инструмента	Типоразмер режущего инструмента
1	2	3	4	5	6
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерование торцев	T5K10	Фрезы торцевые	Фрезы торцевые ГОСТ1695-80 Ø63
		Сверление центровых отверстий	P6M5	Сверло центровочное	Сверло центровочное А 6,3; ГОСТ14952-80
		Сверление центровых отверстий	P6M5	Сверло комбинированное	
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	T5K10	Резец контурный	Резец контурный ГОСТ 18879-73
015	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	T5K10	Резец контурный	Резец контурный ГОСТ 18879-73
020	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев, канавок,	T30K4	Резец контурный,	Резец контурный

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
		нарезание резьбы		резец канавочный, резец резьбовой	ГОСТ 18879-73, резец канавочный ГОСТ 18879-73, резец резьбовой ГОСТ 18879-73
025	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев, канавок, расточивание отверстия	T30K4	Резец контурный, резец канавочный, резец расточной	Резец контурный ГОСТ 18879-73, резец канавочный ГОСТ 18879-73, резец расточной ГОСТ 18879-73
030	Фрезерная	Фрезерование шпоночных пазов	P6M5	Фреза шпоночная	Фреза шпоночная Ø10 ГОСТ9308-69
035	Шлицефрезерная	Фрезерование шлицев	P6M5	Фреза шлицевая	Фреза шлицевая ГОСТ8027-82
040	Термическая				

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
045	Шлифовальная	Шлифование центровых отверстий	Алмаз синтетический АГК	Головка шлифовальная	Головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ2447-82
050	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 3- 750x32x350 24A60K8V30м/с1А
055	Шлифовальная	Шлифование шеек	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 1- 750x32x350 24A60K8V30м/с1А
060	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 3- 750x32x350 25A60K7V30м/с1А
065	Шлифовальная	Шлифование шеек	Электро-	Круг шлифовальный	Круг

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
			корунд белый		шлифовальный 1- 750x32x350 25A60K7V30м/с1А
070	Шлифовальная	Шлифование отверстия	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 1- 20x15x15 24A90L8V30м/с1А
075	Шлифовальная	Шлифование отверстия	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 1- 20x15x15 25A90L8V30м/с1А
080	Шлифовальная	Шлифование шлицев	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 12- 150x70x32 25A80K5V30м/с1А

При выборе средств контроля следует учитывать [9. 15], что точность измерительных инструментов и приспособлений должна быть существенно выше точности измеряемого размера.

Исходя из типа производства, следует отдавать предпочтение стандартным и нормализованным средствам контроля. Желательно применять инструменты общего назначения: штангенциркули, микрометры, скобы и т.д.

Данные по выбору средств контроля сведем в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор средств контроля

№ операции	Контролируемый размер, мм	Квалитет точности	Мерительный инструмент
1	2	3	4
005	L=205,0	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
	Ø5 Ø20	9 12	Калибр контроля центровочного отверстия
010	Ø24, Ø25, Ø32	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
015	Ø30	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
020	Ø24, Ø25, Ø32, M24x1,5	10	Микрометр МК-50 ГОСТ6507-78, калибр- пробка
025	Ø30, Ø20	10	Микрометр МК-50 ГОСТ6507-78, калибр- пробка
030	L=26, 36, 20, 10	9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
035	Ø26	10	Шаблон

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4
045	Ø5	9	Шаблон
050	Ø25	8	Скоба рычажная
055	Ø32, Ø30	8	Скоба рычажная
060	Ø25	6	Скоба рычажная
065	Ø32, Ø30	6	Скоба рычажная
070	Ø20	8	Скоба рычажная
075	Ø20	6	Скоба рычажная
080	Ø26	8	Шаблон

### 2.7 Проектирование технологических операций

Режимы резания на токарные операции определим расчетно-аналитическим методом. Для это используем методику [9].

Скорость резания определим по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.22)$$

где  $C_v$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – коэффициенты и показатели степеней учитывающие конкретные условия обработки;

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV}, \quad (2.23)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

$K_{PV}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_{IV}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Число оборотов шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi d}, \quad (2.24)$$

где  $d$  – диаметр заготовки.

Уточняем скорость резания по формуле:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.25)$$

Определим силу резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (2.26)$$

где  $C_P$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$ ,  $K_P$  – коэффициенты и показатели степени учитывающие условия обработки и геометрию инструмента.

$$K_P = K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{rP} \cdot \quad (2.27)$$

Определим мощность резания:

$$N = \frac{P_Z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.28)$$

$$N_{III} = N_{CT} \cdot \eta \quad (2.29)$$

Подставляя соответствующие значения в приведенные формулы получаем следующие режимы резания для токарной черновой операции:

$$K_V = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1 \cdot$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} 2,9^{0,15} 0,3^{0,2}} 1,1 = 220 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 220}{\pi \cdot 36} = 1846 \text{ об/мин.}$$

По паспорту станка принимаем  $n = 1900$  об/мин.

$$V_o = \frac{\pi \cdot 36 \cdot 1900}{1000} = 215 \text{ м/мин.}$$

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,89$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,9^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 215^{-0,15} \cdot 0,89 = 1575,78 \text{ Н.}$$

$$N = \frac{1576 \cdot 215}{1020 \cdot 60} = 5,537 \text{ кВт.}$$

$$N_{III} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

Условие  $N_{PEZ} \leq N_{III}$  выполняется.

Аналогичным способом рассчитываем режимы резания для токарной чистовой операции.

$$V = 308,4 \text{ м/мин.}$$

$$n = 1900 \text{ об/мин.}$$

$$P_z = 120,86 \text{ Н.}$$

$$N = 3,9 \text{ кВт.}$$

Условие  $N_{PEZ} \leq N_{III}$  выполняется.

Расчет режимов резания на остальные операции производим исходя из справочных нормативов [2, 16].

Результаты вычислений сведены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Режимы резания

Номер перехода	$S_o(S_z)$ мм/об(мм/зуб)	$V$ м/мин	$n$ об/мин	$L_{px}$ мм	$T_o$ мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005 – Фрезерно-центровальная					
1	(0,15)	46,4	250	60	0,6
Операция 010 – Токарная					
1	0,3	214,78	1900	122	0,22

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6
Операция 015 – Токарная					
1	0,3	214,8	1900	110	0,2
Операция 020 – Токарная					
1	0,25	190,9	1900	122	0,26
2	0,2	160	1250	2,7	0,03
3	0,2	160	1250	0,75	0,01
4	1,5	7,54	100	18	0,24
Операция 025 – Токарная					
1	0,25	190,9	1900	110	0,24
2	0,2	160	1250	1,25	0,01
3	0,2	160	1250	16	0,07
Операция 030 – Шпоночнофрезерная					
1	0,01	10	300	47	0,52
2	0,01	10	300	32	0,36
Операция 035 – Шлицефрезерная					
1	2,4	11	250	30	1,1
Операция 045 - Центрошлифовальная					
1	0,55 мм/мин	15		0,3	0,18
Операция 050 - Торцекруглошлифовальная					
1	0,055	30	300	0,323	0,2
Операция 055 - Круглошлифовальная					
1	1,89	30	368	90	0,25
2	1,89	30	368	18	0,05
Операция 060 - Торцекруглошлифовальная					
1	0,003	30	300	0,174	0,19
Операция 065 - Круглошлифовальная					
1	1,89	30	368	90	0,10

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6
2	1,89	30	368	18	0,02
Операция 070 - Внутришлифовальная					
1	0,5	30	318	5	0,11
Операция 075 - Внутришлифовальная					
1	0,25	30	318	5	0,22
Операция 080 - Шлицешлифовальная					
1	0,01	44	1000	30	0,56

### 3 Совершенствование операции с помощью научных исследований

#### 3.1 Цель исследований

Для совершенствования выберем токарную операцию, т.к. в проектируемом технологическом процессе доля токарной обработки достаточно велика (4 операции).

Одной из проблем при точении является образование сливной стружки. Что увеличивает износ инструмента, а также ухудшает другие технологические показатели. Также данный тип стружки представляет опасность для операторов станков [17].

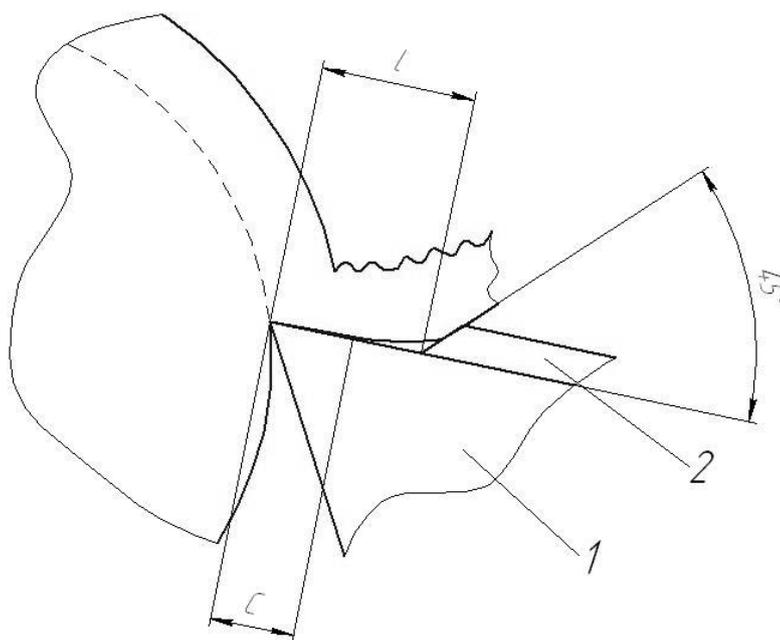
Одним из наиболее распространенных методов дробления стружки при точении является использование накладных стружколомов, устанавливаемых на твердосплавные сменные многогранные пластины (СМП) с плоской передней поверхностью. Такие инструменты успешно используются на малых и средних предприятиях.

#### 3.2 Исследование влияния накладных стружколомов на процесс резания

Возможности резцов с накладным стружколомом до конца не изучены. Широко распространенное мнение о том, что накладные стружколомы приводят к увеличению силы резания, не всегда справедливо. Так, рабочая поверхность стандартных стружколомов (ГОСТ 19085-80), контактирующая со стружкой, наклонена к опорной поверхности под углом  $45^\circ$  (рис.3.1) [18]. В результате сходящая стружка отрывается от передней поверхности, что приводит к уменьшению ширины  $S$  ее площадки контакта по сравнению с той, которая возникает при резании без стружколома. Поскольку сила резания снижается с уменьшением ширины площадки контакта, логично предположить, что при определенном расстоянии  $l$  от режущей кромки до стружколома можно добиться уменьшения силы резания, обеспечивая при этом эффект дробления стружки.

Это предположение подтверждено экспериментами [18], проведенными

при продольном точении стали 40Х (200 *НВ*) резцами, оснащенными СМП из сплава Т5К10 и накладным стружколомом ( $l = 2,7$  мм). В ходе экспериментов (режим резания: скорость резания  $V = 118$  м/мин; глубина резания  $t = 2$ ; подача  $S = 0,11 - 0,39$  мм/об) фиксировали полную ширину  $C$  площадки контакта (рис. 3.2), коэффициент  $K$  усадки стружки (рис. 3.3) и составляющие  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  силы резания (рис. 3.4).



1 - резец; 2 - стружколом;  $C$  - площадка контакта;  $l$  - расстояние от режущей кромки до стружколома.

Рисунок 3.1 - Схема резания

Установлено [18], что использование стружколома не только позволяет сформировать стружку благоприятной формы, но и способствует заметному уменьшению ширины  $C$  площадки контакта и некоторому снижению коэффициента  $K$ . Существенного различия в значениях составляющих силы резания не наблюдалось. Отметим, что при использовании стружколома рост значения  $C$  замедляется по мере увеличения подачи.

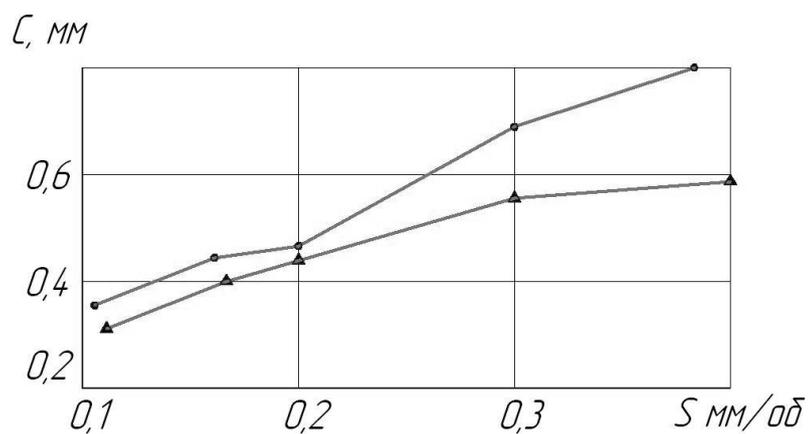


Рисунок 3.2 - Зависимость площадки контакта от подачи

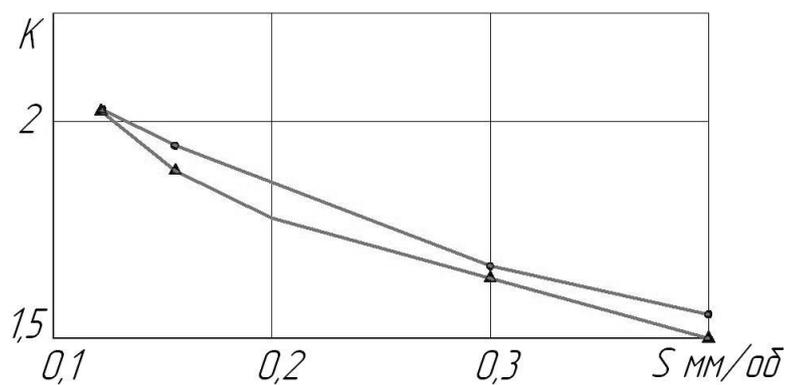


Рисунок 3.3 - Зависимость коэффициента усадки стружки от подачи

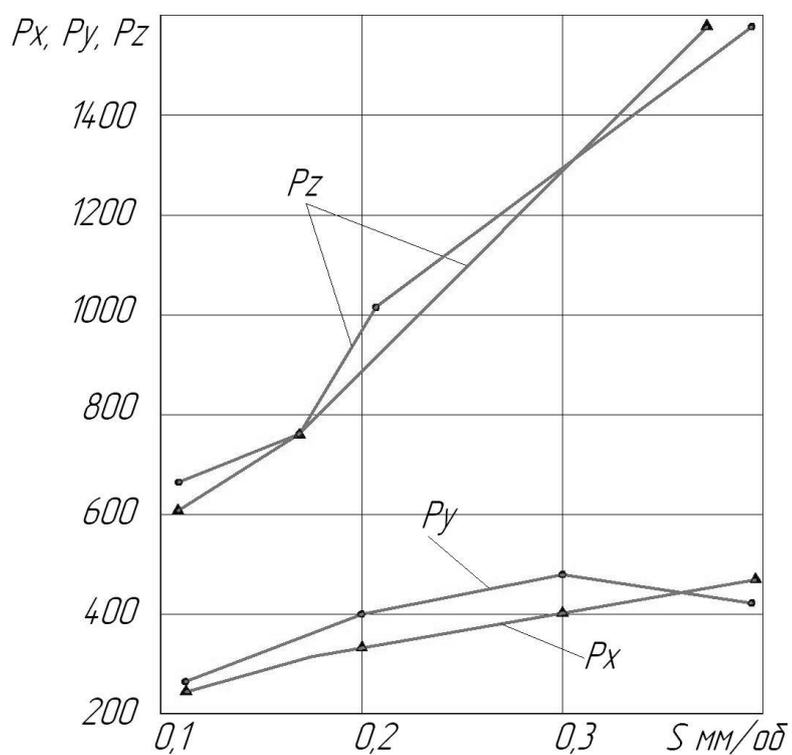


Рисунок 3.4 - Зависимость сил резания от подачи

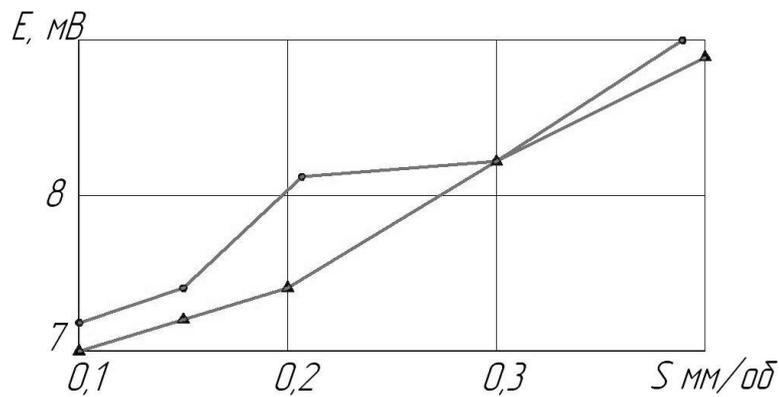


Рисунок 3.5 - Оценка температуры по термоЭДС от подачи

Уменьшение усадки стружки и силы резания должно отразиться и на температуре резания, оценка которой по термоЭДС [19] приведена на рис. 3.5. Как видно, при малых подачах наличие стружколома способствует уменьшению температуры резания. С увеличением подачи возрастает нагрузка на стружколом, оказываемая сходящей стружкой, что приводит к появлению дополнительного источника теплообразования. Поэтому средняя температура резания при точении со стружколомом возрастает.

На основании результатов экспериментов можно утверждать, что правильный выбор расстояния  $l$  от стружколома до режущей кромки способствует снижению тепловой и силовой нагрузки на режущий клин, а следовательно, - повышению стойкости инструмента. В справочной литературе [19] как правило, рекомендуется соотношение  $l = \frac{C}{10} \cdot \sin \varphi$  (где  $\varphi$  - главный угол в плане), которое связывает значение  $l$  с толщиной среза, однако на практике оно не всегда приводит к желаемым результатам. Так, в описанных выше экспериментах при точении стали 40Х в тех же условиях дробление стружки не было достигнуто даже при подаче  $S = 0,57$  мм/об, для которой рекомендуется  $l = 2,8 - 4,0$  мм.

Необходимо отметить, что более корректно выбирать значение  $l$  не по толщине среза, а по полной ширине  $C$  площадки контакта. В этом случае учитываются пластические свойства обрабатываемого материала, поскольку при резании материалов даже при одинаковой толщине среза значения  $C$

различаются.

### 3.3 Выводы по результатам научных исследований

На основании проведенных экспериментов можно рекомендовать соотношение  $l = (1,5 - 2,0)C$ , однако значение  $l$  необходимо уточнять экспериментально в каждом конкретном случае путем подбора соответствующего типоразмера стружколома или варьирования величины подачи. Анализируя изложенное, можно предположить, что при определенных условиях наличие стружколома способствует повышению стойкости резца. В пользу этого свидетельствуют данные, полученные при точении резцами со стружколомающим уступом, сходным с накладным стружколомом. Подтверждением являются и результаты экспериментов, проведенных авторами. Так, при точении стали 40Х резцом с  $\varphi = 90^\circ$ , оснащенным СМП из сплава Т5К10 ( $v = 117$  м/мин;  $t = 1,0$  мм;  $S = 0,11$  мм/об  $v = 117$  м/мин), в течение 2,3 мин износ по задней поверхности в отсутствие стружколома составлял в среднем (три опыта) 0,5 мм; при этом на передней поверхности образовалась развитая лунка износа. При наличии стружколома, обеспечивающего  $l = 1,7$  мм, в тех же условиях износ по задней поверхности уменьшился до 0,4 мм, а лунка износа на передней поверхности была значительно меньше, так как ее развитие сдерживается стружколомом.

## 4. Проектирование приспособления

### 4.1 Исходные данные

В данном разделе проведем проектирование станочного приспособления для фрезерно-центральной операции [20].

На данной операции выполняется последовательное фрезерование торцев вала, сверление центровых отверстий и отверстия под муфту. На рисунке 4.1 представлен операционный эскиз данной операции.

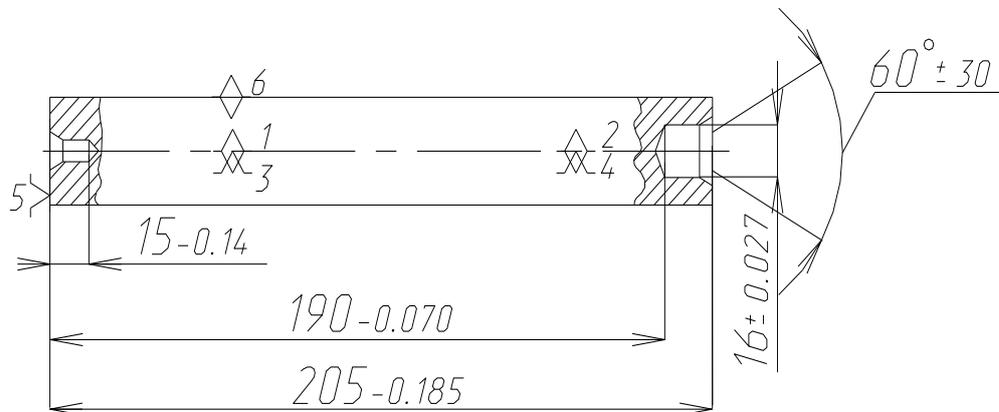


Рисунок 4.1 - Операционный эскиз

Вид и материал заготовки - прокат из стали 40ХГ.

Режущий инструмент - фрезы торцовые с механическим креплением четырехгранных пластин из сплава Т5К10 ГОСТ1695-80 Ø63.

Режимы резания для фрезерования: глубина обработки  $t = 3$  мм, подача  $S_z = 0,15$  мм/зуб,  $V = 46,6$  м/мин,  $n = 250$  об/мин.

Режимы резания для сверления центрального отверстия Ø6,3±2 по целому:  $S_o = 0,06$  мм/об,  $V = 22$  м/мин,  $n = 1000$  об/мин.

### 4.2 Расчет сил резания

Определяем силы резания, действующие на заготовку при обработке.

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^{\omega} Z}{D^q n^w} K_{\mu\varphi z}, \quad (4.1)$$

где  $B$  - ширина фрезерования, мм;

$C_p, x, y, w, q, \omega$  - коэффициенты и показатели степени, учитывающие фактические условия обработки;

$K_{\mu P_z}$  - коэффициент, учитывающий прочностные свойства обрабатываемого материала.

$$K_{\mu P_z} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^{0.75} = \left( \frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1,0.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 36^{1,1} \cdot 12 \cdot 1,0}{50^{1,1} \cdot 1} = 4639 \text{ Н.}$$

Радиальную составляющую  $P_y$  и составляющие  $P_h, P_v$  силы резания при торцовом фрезеровании определим из соотношения [9]:

$$P_y = 0,89 \dots 0,95 \overline{P_z} = 0,85 \cdot 4639 = 3943 \text{ Н.}$$

$$P_h = 0,4 P_z = 0,4 \cdot 4639 = 1856 \text{ Н.}$$

$$P_v = 0,9 P_z = 0,9 \cdot 4639 = 4175 \text{ Н.}$$

При сверлении момент и осевая сила резания рассчитываются:

$$M_{KP} = 10 C_u D^{qu} S^{yu} K_p, \quad (4.2)$$

$$P_0 = 10 C_p D^{qp} S^{yp} K_p, \quad (4.3)$$

Получим:

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^{2,0} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 1,0 = 7450 \text{ Н мм.}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 16^{1,0} \cdot 0,06^{0,7} \cdot 1,0 = 1328 \text{ Н.}$$

$$P_z = \frac{2M_{kp}}{D} = 2 \frac{7450}{16} = 876 \text{ Н.}$$

### 4.3 Расчет усилия зажима

Для расчета усилия зажима необходимо составить схему закрепления заготовки (рис. 4.2).

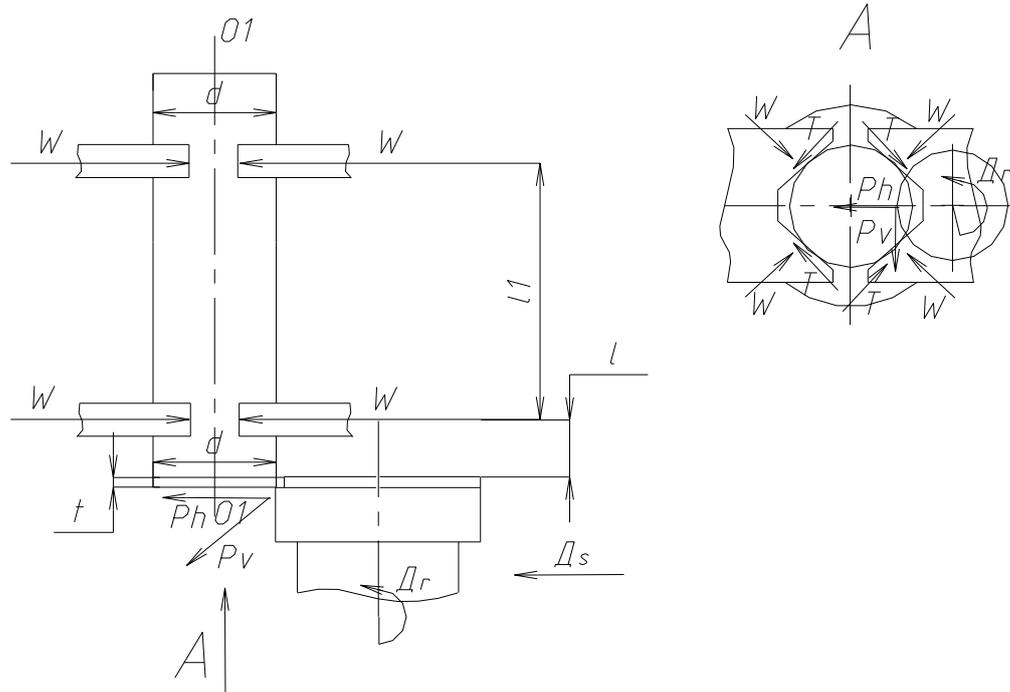


Рисунок 4.2 - Схема установки заготовки

Исходя из составленной схемы и учитывая, что движение призмам передается через передачу рейка-шестерня от гидроцилиндра, производим расчет.

Силовой расчет приспособления ведем по переходу - фрезерование торца, т.к. составляющие силы резания в данном случае имеют большие значения, чем при сверлении отверстий.

Из представленной схемы выводим уравнения моментов.

Для момента от действия силы  $P_h$ .

Момент резания равен:

$$M_p = P_h \cdot l \quad (4.4)$$

Момент закрепления равен:

$$M_s = W \cdot l_1 \quad (4.5)$$

Из равенства моментов и с учетом коэффициента запаса получаем силу зажима:

$$W = \frac{KP_h l}{l_1} \quad (4.6)$$

Значение коэффициента запаса  $K$ , зависит от условий выполнения технологической операции и определяется по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4.7)$$

где  $K_0$  - гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  - учитывает состояние технологических баз;

$K_2$  - учитывает затупление режущего инструмента.

В результате получаем  $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 2,16$ .

Примем  $K = 2,2$ .

Плечи  $l$  и  $l_1$  определяем прочерчиванием схемы закрепления.

Тогда сила закрепления равна:

$$W = \frac{2,2 \cdot 1856 \cdot 45}{115} = 1598 \text{ Н.}$$

Момент от действия силы  $P_v$  равен:

$$M_p = \frac{P_v d_0}{2}, \quad (4.8)$$

где  $d_0$  - диаметр фрезеруемой шейки.

Момент закрепления:

$$M_3 = \frac{8Td_3}{2} = 4Wfd_3. \quad (4.9)$$

Из равенства моментов имеем:

$$W'' = \frac{K P_V d_0}{8 f d_3}, \quad (4.10)$$

где  $f$  - коэффициент трения в контакте призм с заготовкой.

Получаем:

$$W'' = \frac{2.2 \cdot 4175 \cdot 36}{8 \cdot 0.16 \cdot 36} = 7176 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчетов принимаем наибольшее значение  $W$ .

Необходимо учесть углы призм.

Тогда:

$$W = \frac{W''}{\sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (4.11)$$

$$W = \frac{7176}{\sin 45^\circ} = 10251 \text{ Н.}$$

Определим усилие  $W_1$ , которое необходимо приложить к основанию призмы. При этом необходимо учесть потери на трение в направляющих призмы.

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3l}{H} f_1}, \quad (4.12)$$

где  $l$  - вылет призмы;

$H$  - длина направляющих призмы;

$f_1$  - коэффициент трения в направляющих призм.

Плечи определяются прочерчиванием направляющих призм.

$$W_1 = \frac{10251}{1 - \frac{3 \cdot 60}{75} \cdot 0.1} = 12277 \text{ Н.}$$

Из опыта конструирования известно, что конструктивно удобнее обе

призмы с одной стороны расположить на одной подвижной ползушке, перемещающейся по Т-образным направляющим.

Определим усилие прикладываемое к двум ползушкам:

$$Q = \frac{2W_1}{i} \quad (4.13)$$

где  $i$  - отношение плеч рычага.

Получим:

$$Q = \frac{2 \cdot 12277}{1,8} = 13641 \text{ Н.}$$

#### 4.4 Расчет зажимного механизма и силового привода

Исходя из того, что усилие зажима  $Q$  достаточно значительное, наиболее рационально применение рычажного зажимного механизма. Такое решение позволит обеспечить выигрыш в силе.

Также, исходя из величины усилия, которое необходимо развить на штоке, наиболее рациональным будет применение гидравлического силового привода.

Для данных условий диаметр поршня равен:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P_r}}, \quad (4.14)$$

где  $P_r$  - давление масла на поршень.

Примем  $P_r = 5$  МПа.

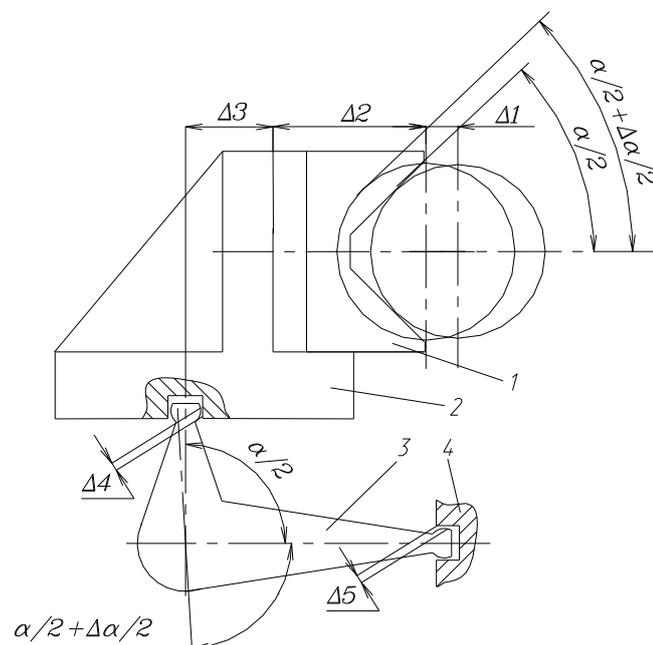
Тогда получим:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{13641}{5}} = 59 \text{ мм}$$

Примем наибольшее ближайшее стандартное значение поршня  $D = 60$  мм.

## 4.5 Расчет точности приспособления

Для расчета точности приспособления составим схему его погрешностей (рисунок 4.3).



1 - призма, 2 - ползушка, 3 - рейка левая, 4- зубчатое колесо,  
5 - рейка правая.

Рисунок 4.3 - Схема погрешностей рычажного зажимного механизма

Расчет погрешностей проводим согласно методики [12]:

Для данной схемы точность приспособления рассчитывается:

$$\varepsilon_{\text{ПР}} \leq T - K_T \sqrt{\left( \left( \varepsilon_{\delta} \right)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_v^2 + \varepsilon_{\text{И}}^2 + \left( \varepsilon_{\omega} \right)^2 \right)}, \quad (4.15)$$

где  $T$  - допуск выполняемого размера;

$K_T$  - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$\varepsilon_{\delta}$  - погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления;

$\varepsilon_{\text{И}}$  - погрешность положения заготовки из-за износа элементов приспособления

определяемая;

$\varepsilon_y$  - погрешность установки приспособления на станке;

$K_{T1}$  - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования на настроенных станках;

$K_{T2}$  - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами не зависящими от приспособления;

$\omega$  - экономическая точность обработки.

$T = 0,5 \cdot z_{\text{т.чист}} = 0,5 \cdot 0,54 = 0,27$  мм., т.к. смещение оси отверстий относительно исходных технологических баз не должно превышать 0,5 припуска на чистовое точение. Для дальнейших расчетов примем  $T = 0,3$  мм.

Погрешность базирования  $\varepsilon_\delta$  возникает из-за неточности изготовления угла призмы (погрешность  $\Delta_1$  рис.4.3)  $\varepsilon_\delta = \Delta_1 = \frac{d_3}{2} \sin \frac{\Delta\alpha}{2} = \frac{36}{2} \sin 0^\circ 30' = 0,021$  мм. В нашем случае данная погрешность сопоставима с технологическим допуском и поэтому принимаем решение обработать призмы по углу  $\alpha$  комплектом из двух штук и принять  $\varepsilon_\delta \approx 0$ .

Погрешность закрепления  $\varepsilon_3$  состоит в изменении положения детали в результате приложения к ней усилия зажима  $W$  и определяется как разность между наибольшей и наименьшей проекцией смещения измерительной базы в направлении выполняемого размера. В нашем случае  $\varepsilon_3 \approx 0$ .

Погрешность установки приспособления на станке  $\varepsilon_y$  зависит от смещений или перекосов корпуса приспособления на столе станка. Данное приспособление центрируется по оси поворотного стола с помощью установочного пальца с посадками  $\frac{H7}{h7}$  и максимальным зазором  $S_{\text{max}} = 0,038$  мм.

Погрешность положения заготовки из-за износа элементов приспособления  $\varepsilon_{II}$  рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{II} = I_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (4.16)$$

где  $I_0$  - средний износ установочных элементов для стальной заготовки при усилии зажима  $W = 10$  кН и базовом числе установок  $N = 100000$  ;

$K_1$  - учитывает влияние материала заготовки;

$K_2$  - учитывает тип оборудования;

$K_3$  - учитывает условия обработки;

$K_4$  - учитывает число установок заготовки.

$$\varepsilon_n = 115 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 104 \text{ мкм.}$$

Тогда точность приспособления:

$$\varepsilon_{np} \leq 0,3 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,038^2 + 0,1^2 + 0,6 \cdot 0,12^2} = 0,172 \approx 0,17 \text{ мм.}$$

Исходя из полученного значения рассчитываем размерную цепь приспособления. Должно выполняться условие  $\Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 = \varepsilon_{np}$ .

Исходя из этого, при способе равных допусков:

$$\Delta_2 = \Delta_3 = \Delta_4 = \Delta_5 = \frac{\varepsilon_{np}}{4} = 0,04 \text{ мм.}$$

Исходя из полученного значения назначаем точность звеньев приспособления:  $l_1 = 25h9 = 25_{-0,042}$  мм;  $l_2 = 40h8 = 40_{-0,015}$  мм; сопряжение рычагов  $E_h = 0,05$  мм.

#### 4.6 Описание конструкции приспособления

Приспособление содержит корпус 1, внутри которого расположен пневматический силовой привод, состоящий из гильзы, поршня 11, штока 7, кольцевых уплотнений 14. Деталь базируется с помощью призматических губок 4, которые установлены на ползушке 3 и отводящегося упора 9. К основанию корпуса 1 крепятся направляющие шпонки 5 для базирования приспособления на столе станка.

Работа приспособления осуществляется следующим образом. Масло под давлением через отверстие в цилиндре подается в верхнюю полость гидроцилиндра, вызывая перемещение поршня 11, которое через шток 7 передается на ползушки 3 через рычаги 2. В результате происходит совмещение

оси детали с условным центром, который занимает пространство относительно приспособления неизменное положение и ее закрепление.

При подаче масла в нижнюю полость гидроцилиндра по такому же принципу происходит разжим заготовки.

## 5 Проектирование режущего инструмента

Расчет режущего инструмента будем производить на черновое точение шлицевого вала из стали 40ХГ.

Так как черновое точение проходит при больших подачах и большой глубине резания, вследствие которых возникают большие температуры в зоне резания, то резец для работы в таких условиях должен обладать высокой жесткостью и стойкостью. Для данной обработки воспользуемся контурным резцом с клеевым соединением пластины, который полностью удовлетворяет данным требованиям.

Исходные данные:

- диаметр заготовки 36 мм,
- припуск на сторону 2,9мм,
- подача на оборот  $S_0 = 0,3$  мм/об,
- вылет резца  $l = 60$  мм;
- главная составляющая силы резания  $P_z = 1575,7$  Н.

Расчет по методике представленной в [21].

В качестве материала для корпуса резца принимаем сталь 40ХГ, которая имеет следующие механические характеристики: предел прочности  $\sigma_B = 780$  МПа, допускаемым напряжением на изгиб  $\sigma_{изг} = 200$  МПа.

Определяем ширину прямоугольного сечения корпуса резца из соотношения:

$$e = \sqrt[3]{6P_z \cdot \frac{l}{2.56} \cdot \sigma_{изг}} \quad (5.1)$$

Тогда имеем:

$$e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1575,7 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{2.56 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,0156 \text{ м};$$

Принимаем  $e = 16$  мм.

Находим высоту сечения исходя из соотношения:

$$h = 1,6 \cdot b \quad (5.2)$$

$$h = 1,6 \cdot 1,6 = 25,3 \text{ мм.}$$

Принимаем  $h = 25$  мм.

Проверяем прочность и жесткость корпуса резца.

Максимальная нагрузка допускаемая прочностью резца:

$$P_{Zдоо} = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{ИД}}{6 \cdot l} \quad (5.3)$$

$$P_{Zдоо} = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 2500 \text{ Н;}$$

Максимальная нагрузка допускаемая жесткостью резца:

$$P_{Zжжес} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3}, \quad (5.4)$$

где  $f$  - допускаемая стрела прогиба резца при черновом точении;

$E$  - модуль упругости материала корпуса резца.

$l$  - вылет резца;

$J$  - модуль инерции прямоугольного сечения корпуса.

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (5.5)$$

$$J = \frac{16 \cdot 25^3}{12} = 20800 \text{ мм}^4;$$

$$P_{Zжжес} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2,08 \cdot 10^{-8}}{(60 \cdot 10^{-3})^3} = 2770 \text{ Н.}$$

Резец обладает достаточной жесткостью и прочностью, так как выполняется условие:

$$P_{\text{здоп}} > P_z < P_{\text{зжест}} \quad (5.6)$$

$$2500 > 1575 < 2770.$$

Принимаем следующие конструктивные размеры резца.

Общая длина резца  $l = 140$  мм, радиус кривизны  $r = 0,4$  мм, пластина из твердого сплава  $l = 25,5$ , форма 2421 по ГОСТ 2209-90.

Геометрические параметры элементов режущей части:

$\alpha = 6^\circ$  - задний угол;

$\gamma = 20^\circ$  - вспомогательный угол;

$\varphi = 92^\circ$  - главный угол в плане;

$\varphi_1 = 8^\circ$  - вспомогательный угол в плане.

Принимаем параметры шероховатости передней и задней поверхности лезвия и опорной поверхности корпуса; предельные отклонения габаритных размеров резца; марку твердого сплава пластины и материала корпуса; содержание и место маркировки согласно ГОСТ 5688-94.

## 6 Проектирование производственного участка

### 6.1 Исходные данные

Тип производства – среднесерийное.

Годовая программа выпуска – 6000 деталей.

Участок работает в две смены.

Техпроцесс изготовления детали представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Техпроцесс изготовления шлицевого вала

Операция	Оборудование	Основное время	Штучное время
1	2	3	4
005 Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный п/а МР-78	0,6	0,8
010 Токарная	Токарно-винторезный 16К20Ф3	0,22	0,57
015 Токарная	Токарно-винторезный 16К20Ф3	0,2	0,45
020 Токарная	Токарно-винторезный 16К20Ф3	0,54	1,32
025 Токарная	Токарно-винторезный 16К20Ф3	0,32	1,47
030 Шпоночно-фрезерная	Горизонтальный шпоночно-фрезерный 692 Р	0,88	1,33
035 Шлицефрезерная	Шлицефрезерный 5350	1,1	1,45
040 Термическая			
045 Центрошлифовальная	Центрошлифовальный 3925	0,18	0,29
050 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный п/а 3Т160	0,2	0,31

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
055 Шлифовальная	Круглошлифовальный п/а 3В151А	0,3	0,47
060 Шлифовальная	Торцекруглошлифовальный п/а 3Т160	0,19	0,3
065 Шлифовальная	Круглошлифовальный п/а 3В151А	0,12	0,19
070 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный п/а 3К225В	0,11	0,18
075 Внутришлифовальная	Внутришлифовальный п/а 3К225В	0,22	0,34
080 Шлифовальная	Шлицешлифовальный 3450	0,56	0,84
085 Моечная	Камерная моечная машина	0,6	0,9
090 Контрольная		0,5	0,85

Расчеты проводим согласно методики [22].

## 6.2 Расчет необходимого оборудования

Расчет основного технологического оборудования производим по формуле:

$$C_{расч} = \frac{t_{ум}}{\tau}, \quad (6.1)$$

где  $\tau$  - такт выпуска.

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{до}}{N}, \quad (6.2)$$

где  $F_{до}$  - действительный фонд времени работы оборудования, час;

$N$  - годовая программа выпуска, шт.

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015}{5500} = 43,8 \text{ мин.}$$

Зная такт выпуска, определим расчетное количество станков по формуле (6.1) и округлим до целого числа.

Результаты внесем в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 - Число единиц основного оборудования

Номер операции	$t_{шт}$	$S_{расч}$	$S_{пр}$
005	0,8	0,018	1
010	0,57	0,013	1
015	0,45	0,01	1
020	1,32	0,03	1
025	1,47	0,034	1
030	1,33	0,03	1
035	1,45	0,034	1
045	0,29	0,007	1
050	0,31	0,007	1
055	0,47	0,01	1
060	0,3	0,007	1
065	0,19	0,003	1
070	0,18	0,003	1
075	0,34	0,007	1
080	0,84	0,019	1
085	0,9	0,021	1
090	0,85	0,019	1

Общее число станков  $S_{\text{общ}} = 17$  шт

Число единиц вспомогательного оборудования определяем согласно данных [22].

Таблица 6.3 - Число единиц вспомогательного оборудования

Наименование вспомогательных отделений	Число станков в отделении, шт
Заточное отделение	1
Отделение ремонта технологической оснастки	1

Рассчитаем коэффициент загрузки каждого станка:

$$K_3 = \frac{S_p}{S} \quad (6.3)$$

Результаты расчетов заносим в табл. 6.4.

Таблица 6.4 - Расчет коэффициента загрузки

Номер операции	$S_{\text{расч.}}$	$K_3$
1	2	3
005	0,018	0,018
010	0,013	0,013
015	0,01	0,01
020	0,03	0,03
025	0,034	0,034
030	0,03	0,03
035	0,034	0,034
045	0,007	0,007
050	0,007	0,007

Продолжение таблицы 6.4

1	2	3
055	0,01	0,01
060	0,007	0,007
065	0,003	0,003
070	0,003	0,003
075	0,007	0,007
080	0,019	0,019
085	0,021	0,021
090	0,019	0,019

Средний коэффициент загрузки:

$$K_{зсп} = \frac{\sum S_p}{S_{общ}} \quad (6.4)$$

$$K_{зсп} = \frac{\sum 0,018 + 0,013 + 0,01 + 0,03 + 0,034 + 0,03 + 0,034 + 0,007 + 0,007 + 0,001 + 0,007 + 0,003 + 0,003 + 0,007 + 0,019 + 0,021 + 0,019}{17} = 0,015$$

Загрузка оборудования до нормальной величины  $K_3 = 0,85$ , достигается за счет использования данного оборудования для обработки других деталей.

### 6.3 Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих, служебного персонала и МОП

Количество производственных рабочих определяется по формуле:

$$P_{ст} = \frac{F_{\partial} \cdot K_{з.действ}}{\Phi_{\partial} \cdot K_{мноб.}}, \quad (6.5)$$

где  $F_{\partial}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

$K_{з.действ}$  – действительный коэффициент загрузки оборудования с учетом его дозагрузки;

$\Phi_0$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего;

$K_{мн.об.}$  – коэффициент многостаночного обслуживания.

По нормам и рекомендациям принимаем для многоцелевых станков с ЧПУ и автоматической сменой инструмента  $K_{мн.об.} = 3$ , а для универсальных станков  $K_{мн.об.} = 1$ .

С учетом того, что на участке предполагается поместить по одному станку каждого наименования, принимаем и для станков с ЧПУ  $K_{мн.об.} = 1$ .

Таким образом, количество производственных рабочих по операциям

$$P_{ст.} = \frac{4015 \cdot 0,85}{1731 \cdot 1} = 1,97, \text{ принимаем } 2 \text{ чел.}$$

$$P_{ст.}^{\Sigma} = 2 \cdot 17 = 34 \text{ чел.}$$

Количество вспомогательных рабочих определяем в процентах от числа основных рабочих (25%):

$$P_в = 0,25 P_{ст.}^{\Sigma}, \quad (6.6)$$

$$P_в = 0,25 \cdot 34 = 8,5, \text{ принимаем } 9 \text{ чел.}$$

Рассчитываем количество МОП в процентах от суммарного количества основных и вспомогательных рабочих (3%):

$$P_{МОП} = 0,03 (P_{ст.}^{\Sigma} + P_в), \quad (6.7)$$

$$P_{МОП} = 0,03(34 + 9) = 0,99, \text{ принимаем } 1 \text{ чел.}$$

Для рабочих-операторов станков с ЧПУ принимаем третий разряд, а для станочников - пятый разряд.

Определим средний разряд рабочих:

$$Разр_{ср} = \frac{8 \cdot 3 + 26 \cdot 5}{34} = 4,53.$$

Делаем вывод о том, что персонал участка должен иметь достаточно высокую квалификацию.

#### 6.4 Определение площади участка

При укрупненном проектировании производственную площадь цеха определяем по удельной площади, необходимой для размещения станков в зависимости от их массы.

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{уд}} \cdot S_{\text{общ}} \quad (6.8)$$

$$S_{\text{пр}} = 25 \cdot 17 = 425 \text{ м}^2.$$

Размеры вспомогательной площади участка определим, исходя из норм для расчета площадей вспомогательных служб:

- помещение ОТК (5% от станочной площади) – 22,2 м<sup>2</sup>
- склад вспомогательных материалов (0,2 м<sup>2</sup> на один станок) - 3,4 м<sup>2</sup>
- склад материалов и заготовок (10% от станочной площади) - 42,5 м<sup>2</sup>
- площадь для хранения стружки - 2 м<sup>2</sup>
- заточное отделение (10 м<sup>2</sup> на один заточный станок) - 10 м<sup>2</sup>
- мастерская по ремонту инструмента и оснастки - 10 м<sup>2</sup>
- инструментальная кладовая (0,5 м<sup>2</sup> на один станок) - 8,5 м<sup>2</sup>
- кладовая приспособлений (0,2 м<sup>2</sup> на один станок) - 3,4 м<sup>2</sup>

Итого: общая вспомогательная площадь  $S_{\text{всп}}=102 \text{ м}^2$

Тогда общая площадь участка:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{пр}} + S_{\text{всп}} \quad (6.9)$$

$$S_{\text{общ}} = 425 + 102 = 527 \text{ м}^2.$$

#### 6.5 Компоновка участка

При размещении оборудования в условиях среднесерийного производства

необходимо стремиться к соблюдению принципа группового расположения оборудования. Необходимо обеспечить безопасность и удобство работы, и в то же время экономно использовать производственную площадь.

Станки в механических цехах располагают преимущественно вдоль пролета, при этом экономится площадь, удобно использовать подвесной транспорт, мостовые краны. Расстояния между станками должны приниматься с учетом ширины каналов для уборки стружки, транспортных средств, конфигурации и глубины заложения фундаментов колонн, стен, станков, если последние установлены на отдельных фундаментах.

Компоновка механического участка по обработке данной детали представлена в графической части дипломного проекта.

## 7 Безопасность и экологичность технического объекта

### 7.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 7.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5	6
1	Точение	Токарная операция	Оператор станков с ЧПУ	Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10	Сталь 40ХГ, СОЖ
2	Фрезерование	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Вертикально-фрезерный FV 321M Фрезерно-центровальный XZK8230	Сталь 40ХГ, СОЖ
3	Шлифование	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Круглошлифовальный JHU-3510NC/1 Торцекруглошлифовальный JHU- 2710	Сталь 40ХГ, СОЖ

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6
				Внутришлифовальный ЖИ-150 NC	

7.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 7.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	2	3	4
1	Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура поверхностей оборудования,	Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>материалов;  повышенный уровень  шума на рабочем  месте; повышенное  значение напряжения  в электрической цепи,  замыкание которой  может произойти  через тело человека;  острые кромки,  заусенцы и  шероховатость на  поверхностях  заготовок,  инструментов и  оборудования;  монотонность труда.</p>	
2	Фрезерная операция	<p>Движущиеся машины  и механизмы;  подвижные части  производственного  оборудования;  передвигающиеся  изделия, заготовки;  повышенная  температура  поверхностей  оборудования,</p>	<p>Вертикально-фрезерный  FV 321M  Фрезерно-  центровальный  XZK8230</p>

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>материалов;  повышенный уровень  шума на рабочем  месте; повышенный  уровень вибрации;  повышенное значение  напряжения в  электрической цепи,  замыкание которой  может произойти  через тело человека;  острые кромки,  заусенцы и  шероховатость на  поверхностях  заготовок,  инструментов и  оборудования;  монотонность труда.</p>	
3	Шлифовальная операция	<p>Движущиеся машины  и механизмы;  подвижные части  производственного  оборудования;  передвигающиеся  изделия, заготовки;  повышенная  запыленность;</p>	<p>Круглошлифовальный  ЖНУ-3510NC/1  Торцекругло-  шлифовальный ЖНУ-  2710  Внутришлифовальный  ЖНІ-150 NC</p>

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; монотонность труда</p>	

7.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 7.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3	4
1	Движущиеся машины и механизмы	Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; соблюдение правил безопасности выполнения работ, применение ограничительных устройств; применение знаков безопасности.	Каска защитная, очки защитные
2	Подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки	Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение	

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		<p>инструктажей;                      соблюдение правил безопасности выполнения работ;                      применение ограничительных устройств;                      применение предохранительных устройств;                      применение тормозных устройств;                      применение устройств автоматического контроля и сигнализации;                      применение устройств дистанционного управления;                      применение знаков безопасности.</p>	<p>Каска защитная,                      очки защитные</p>
3	<p>Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны</p>	<p>Своевременное проведение обучения персонала;                      своевременное проведение инструктажей;                      соблюдение правил</p>	<p>Респиратор</p>

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		<p>безопасности выполнения работ; применение приточно-вытяжной вентиляции; применение местной вентиляции.</p>	
4	<p>Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов</p>	<p>Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; соблюдение правил безопасности выполнения работ; ограждение оборудования.</p>	<p>Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием</p>
5	<p>Повышенный уровень шума на рабочем месте</p>	<p>Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; соблюдение правил безопасности выполнения работ; наладка оборудования; применение</p>	<p>Наушники противозумные или вкладыши противозумные</p>

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		звукоизоляции, звукопоглощения и глушителей.	
6	Повышенный уровень вибрации	Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; применение виброизолирующих фундаментов, виброопор	Виброзащитная обувь, виброковрики
7	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; соблюдение правил безопасности выполнения работ; применение систем защитного заземления, применение систем защитного отключения, применение знаков	Деревянный трап, резиновый коврик; спецодежда, обувь, головные уборы.

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		безопасности и предупредительных плакатов.	
8	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Своевременное проведение обучения персонала; своевременное проведение инструктажей; соблюдение правил безопасности выполнения работ.	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
8	Монотонность труда	Соблюдение режима работы и отдыха	

7.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

7.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

Таблица 7.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Участок	Токарно-	Пожары,	Пламя и	Образующие

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6
	механической обработки	винторезный с ЧПУ TNC-10 Вертикально-фрезерный FV 321M Фрезерно-центровальный XZK8230 Круглошлифовальный JHU-3510NC/1 Торцекруглошлифовальный JHU-2710 Внутришлифовальный JHI-150 NC	связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	ся в процессе пожара осколки, части разрушившихся технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования; вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок.

7.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Таблица 7.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожаротушения автоматические	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители, пожарные краны, ящики с песком, пожарные щиты	Пожарные автомобили, автоцистерны, автосососы, моттопомпы, пожарные авто-	Стационарные установки для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения	Пожарные гидранты, пожарные рукава, пожарные стволы, рукавные развет	Веревки пожарные, карабины пожарные, респираторы, противогазы	Ведро, ломы, лопаты, багры, топоры, кирки, комплект диэлектрический	Автоматические извещатели

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8
	лестницы		и управления эвакуацией пожарные	влияния			

7.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 7.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Токарная операция, Токарно-винторезный с ЧПУ TNC-10; Фрезерная операция, Вертикально-фрезерный FV 321M, Фрезерно-центровальный XZK8230	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, проведение	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недопозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при

Продолжение таблицы 7.6

1	2	3
Шлифовальная операция Круглошлифовальный JHU-3510NC/1, Торцекруглошлифоваль- ный JHU- 2710, Внутри- шлифовальный JHI-150 NC	инструктажа по пожарной безопасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	проведении огневых работ, применение средств пожаротушения, применение средств пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого  
технического объекта

7.5.1 Идентификация негативных экологических факторов

Таблица 7.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействия технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
1	2	3	4	5
Токарная операция	Токарно-винторезный станок ЧПУ ТНС-10	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом
Фрезерная операция	Вертикально-фрезерный станок FV 321M Фрезерно-центровальный станок ХЗК8230	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом

Продолжение таблицы 7.7

1	2	3	4	5
Шлифовальная операция	Круглошлифовальный станок ЖНУ-3510NC/1, Торцевкруглошлифовальный станок ЖНУ-2710 Внутришлифовальный станок ЖНУ-150 NC	Пыль абразивная, пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, пыль, металлический лом

7.5.2 Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта согласно нормативных документов.

Таблица 7.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Токарная операция; Фрезерная операция; Шлифовальная операция
1	2
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение «сухих» механических пылеуловителей; применение электростатических фильтров.
Мероприятия по	Переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения;

Продолжение таблицы 7.8

1	2
снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	применение механических фильтров; применение флотационных установок; применение нейтрализации; контроль состава сточных вод.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение.

7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления шлицевого вала коробки подач универсально-фрезерного станка Proma, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных

факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

## 8 Экономическая эффективность проекта

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического проекта, произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта и определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

### 8.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Программа выпуска – 6000 шт. Деталь – шлицевой вал коробки подач. Материал детали – сталь 40ХГ. Метод получения заготовки – прокат. Масса детали – 1,1 кг, масса заготовки – 1,58 кг.

Остальная краткая характеристика с необходимыми данными по писанию изменений в вариантах технологического процесса, представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Описание изменений по сравниваемым вариантам

Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2
<u>Операция 005 – Фрезерно-центровальная</u>	
<u>Оборудование</u> – фрезерно-центровальный станок, модель ХЗК8230.	<u>Оборудование</u> – фрезерно-центровальный станок, модель ХЗК8230.
<u>Оснастка</u> – тиски ручные.	<u>Оснастка</u> – тиски самоцентрирующие механизированные.
<u>Инструмент:</u> - фрезы торцевые Ø63 Т5К10; - сверла центровочные Р6М5.	<u>Инструмент:</u> - фрезы торцевые Ø63 Т5К10; - сверла центровочные Р6М5.
<u>Операция 010 – Токарная</u>	
<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель ТНС-10.	<u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель ТНС-10.
<u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.	<u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.

Продолжение таблицы 8.1

1	2
<u>Инструмент</u> – резец контурный, Т5К10.	<u>Инструмент</u> – резец контурный Т5К10, с накладным стружколомом, улучшенной геометрией и покрытый карбонитридом титана
Тип производства – среднесерийный	
Условия труда – нормальные.	
Форма оплата труда – повременно-премиальная	

Необходимые исходные данные по оборудованию, приспособлению, инструменту и т.д. заносим в таблицу.8.2. Представленные значения не будут учитывать затраты, связанные материалами, т.к. согласно описанию (табл. 8.1), ни материал, ни метод получения заготовки не были изменены, поэтому не могут оказывать влияния по конечный результат.

Таблица 8.2 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

№	Исходные данные	Обозначение	Единица измерения	Числовое значение	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Годовая программа выпуска	$N_{год}$	<i>шт.</i>	6000	6000
2	Норма штучного времени на операцию	$(i)T_{шт}$	<i>мин</i>	1,2	0,8
				0,81	0,57
	В т.ч. машинное время	$T_{маш}$	<i>мин</i>	0,6	0,6
				0,46	0,22
3	Трудоемкость проектирования технологии или техники	$T_{тр.пр}$	<i>час</i>	–	607,6

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
4	Цена единицы оборудования	$C_{OB}$	руб.	6800000	6800000
				3000000	3000000
5	Выручка от реализации изношенного оборудования (5% от цены)	$B_{P.OB}$	руб.	340000	340000
				150000	150000
6	Цена одной единицы приспособления	$C_{IP}$	руб.	32271,4	43038,5
				33220,5	33220,5
7	Выручка от реализации изношенного приспособления	$B_{P.IP}$	руб.	6454,3	8605,7
				6644,1	6644,1
8	Цена единицы рабочего инструмента	$C_{II}$	руб.	2004,6	2004,6
				355,6	355,6
				94	187,9
9	Выручка от реализации изношенного инструмента	$B_{P.II}$	руб.	400,9	400,9
				71,1	71,1
				18,8	37,6
10	Количество переточек	$H_{ПЕР}$		22	22
				62	62
				14	14
11	Цена одной переточки	$C_{ПЕР}$	руб.	105,3	105,3
				114,8	114,8
				19,2	19,2
12	Стойкость одной переточки	$T_{II}$	час	2	2
				0,5	0,5
				2	2
13	Коэффициент случайной убыли инструмента	$K_{УБ}$		1,15	1,15
				1,25	1,25
				1,1	1,05

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
13	Количество инструментов	$N_{II}$		1	1
				1	
				1	1
	Часовая тарифная ставка рабочего	$C_{ч}$	руб./ча с	66,71	66,71
				72,24	72,24
	Часовая тарифная ставка наладчика	$C_{чн}$	руб./ча с	97,67	97,67
	Часовая заработная плата конструктора, технолога	$C_{ч.ТЕХ}$	руб./ча с	–	77,8
	Габариты станка	$P_{уд}$	$м^2$	5,1	5,1
				5,8	5,8
	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь станка	$\kappa_{доп.пл}$		4	4
				4	4
	Стоимость эксплуатации $1м^2$ площади здания в год	$C_{пл}$	руб/ $м^2$	4500	4500
	Установленная мощность единицы оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	10
				10	10
	Цена за 1 кВт электроэнергии	$C_{э.э}$	руб./кВ т	2,582	2,582
	Цена за $1 м^3$ воды	$C_{в}$	руб./ $м^3$	4,479	4,479
	Цена за $1 м^3$ сжатого воздуха	$C_{сж}$	руб./ $м^3$	0,279	0,279
	Затраты на разработку одной программы	$З_{в.п}$	руб.	–	–
				14770	14770
	Величина запуска деталей (размер партии запуска)	$N_{зап}$	шт.	–	–
				160	160

## 8.2 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

Используя исходные данные, представленные в таблице 8.2 и методику расчета необходимого количества оборудования, представленную в методических указаниях «Экономическое обоснование дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки детали»[24], определим данную величину.

$$N_{\text{ОБ.РАСЧ}} = \frac{N_{\text{ГОД}} \cdot T_{\text{ШТ}}}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot K_{\text{В.Н}} \cdot 60}, \text{ шт.} \quad (8.1)$$

Расчетное количество оборудования округляется до ближайшего, большего числа и получаем их принятое или фактическое количество  $N_{\text{ОБ.ПРИН}}$  или  $N_{\text{ОБ}}$ .

*Базовый вариант:*

$$N_{\text{ОБ.РАСЧ} \phi_{05}} = \frac{6000 \cdot 1,2}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,025 \Rightarrow N_{\text{ОБ} \phi_{05}} = 1$$

$$N_{\text{ОБ.РАСЧ} \phi_{10}} = \frac{6000 \cdot 0,81}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,017 \Rightarrow N_{\text{ОБ} \phi_{10}} = 1$$

*Проектный вариант:*

$$N_{\text{ОБ.РАСЧ} \phi_{05}} = \frac{6000 \cdot 0,48}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,017 \Rightarrow N_{\text{ОБ} \phi_{05}} = 1$$

$$N_{\text{ОБ.РАСЧ} \phi_{10}} = \frac{6000 \cdot 0,42}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,012 \Rightarrow N_{\text{ОБ} \phi_{10}} = 1$$

$$K_3 = \frac{N_{\text{ОБ.РАСЧ}}}{N_{\text{ОБ.ПР}}} \quad (8.2)$$

Учитывая то, что на каждой операции необходимо по одному станку, то в этом случае коэффициент загрузки оборудования на этих операциях будет равен расчет величине оборудования, определенной по формуле (8.1)

### 8.3 Расчет дополнительных исходных данных для станков с ЧПУ

Используя казанное выше методическое указание [24], определить необходимые параметры для операции 010, т.к. именно там применяются станок с ЧПУ, по следующим формулам:

$$H_{ДЕТ} = \frac{\Phi_{ЭФ.ОБ} \cdot 60}{T_{ШТ} \cdot N_{Г}}, \text{ шт} \quad (8.3)$$

*Базовый вариант:*

$$H_{ДЕТ(010)} = \frac{4015 \cdot 60}{0,81 \cdot 6000} = 59,481 \approx 59$$

*Проектный вариант:*

$$H_{ДЕТ(005)} = \frac{4015 \cdot 60}{0,57 \cdot 6000} = 70,439 \approx 70$$

$$П_{СУТ} = \frac{П_{Г}}{360}, \text{ шт.} \quad (8.4)$$

$$П_{СУТ} = \frac{6000}{360} = 16,67 \approx 17$$

$$T_{Ц} = \sum_{i=1}^m \frac{H_{ЗАП} \cdot T_{ШТ} / 60 + 2 \cdot T_{МО}}{16}, \text{ дней} \quad (8.5)$$

$$T_{Ц(010)} = \frac{160 \cdot 0,81 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} = 0,2$$

$$T_{Ц(005)} = \frac{160 \cdot 0,57 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} = 0,16$$

### 8.4 Расчет капитальных вложений в совершенствование техпроцесса

Для определения капитальных вложений, так же будем использовать уже представленные методические указания [24], которые, учитывая описанные изменения, позволят определить необходимые средства для вложений.

Принимая во внимание тот факт, что изменениям подверглись лишь приспособления на операции 005, а также инструмент на операции 010, определим величину капитальных вложений с учетом этих особенностей по формулам (8.6) – (8.10). Так как интерес для нас представляет проектируемый вариант, то и расчеты будем вести только данному варианту, без учета базового. Учитывая то, что оснастка и инструмент имеют ограниченный срок службы и использования, поэтому затраты связанные с этими пунктами мы решили осуществить по всем рассматриваемым в данном разделе операциям, т.е. по 005 и 010.

$$Z_{\text{ПР}} = T_{\text{ТР.ПР}} \cdot C_{\text{Ч.ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (8.6)$$

$$K_{\text{ПР}} = \sum H_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{ПР}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (8.7)$$

$$K_{\text{И}} = \sum \frac{C_{\text{И}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot N_{\text{Г}} \cdot \kappa_{\text{УБ}} \cdot H_{\text{И}}}{T_{\text{И}} \cdot \left( \frac{1}{\text{ПЕР}} + 1 \right) \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.8)$$

$$HЗП = П_{\text{СУТ}} \cdot T_{\text{Ц}} \cdot C_{\text{ТЕХ}}, \text{ руб.} \quad (8.9)$$

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = Z_{\text{ПР}} + K_{\text{ПР}} + K_{\text{И}} + HЗП, \text{ руб.} \quad (8.10)$$

Для расчетов значений по формулам (8.6) – (8.10) использовалось программное обеспечение MicrosoftExcel, а полученные значения представлены в таблице 8.3

Таблица 8.3 – Расчетные значения, входящие в капитальные вложения по проектируемому варианту

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра
1	Затраты на проектирование, $Z_{ПР}$ , руб.	47271,28
2	Затраты на приспособление, $K_{ПР}$ , руб.	1107,65
3	Затраты на инструмент, $K_{И}$ , руб.	3998,25
4	Оборотные средства в незавершенном производстве, $НЗП$ , руб.	17,55
5	Итого капитальные вложения в проектируемый вариант, $K_{ВВ.ПР}$ , руб.	52394,73

### 8.5 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Основными элементами, входящими в технологическую себестоимость являются: основные материалы, заработная плата основных рабочих (операторов и наладчиков), начисления на заработную плату и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, состоящие из определенного количества параметров. Все перечисленные элементы определяются по формулам, которые имеют подробное описание в методических рекомендациях[24].

Величину параметра «Основной материал за вычетом отходов» рассчитывать не целесообразно. Это связано с тем, что материал и метод получения заготовки не менялся, поэтому ее величина не повлияет на конечный результат расчетов. Остальные значения рассчитаем по следующему алгоритму.

$$Z_{ПЛ.ОП} = \frac{\sum T_{шт} \cdot C_q}{60} \cdot K_y \cdot K_{ПФ} \cdot K_{ПР} \cdot K_d \cdot K_H \cdot K_{В.Н}, \text{ руб.} \quad (8.11)$$

$$Z_{ПЛ.ОП} = \frac{1,2 \cdot 72,24 + 0,81 \cdot 66,71}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 4,54$$

$$3_{\text{ПЛ.ОП}} = \frac{0,8 \cdot 72,24 + 0,57 \cdot 66,71}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 3,09$$

$$3_{\text{ПЛ.Н}} = \frac{\Phi_{\text{ЭФ.РАБ}} \cdot C_{\text{ЧН}} \cdot H_{\text{ОБ.ОБЩ}} \cdot K_{3.СР}}{H_{\text{ОБСЛ}} \cdot N_{\Gamma}} \cdot \kappa_{\text{У}} \cdot \kappa_{\text{ПФ}} \cdot \kappa_{\text{ПР}} \cdot \kappa_{\text{Д}} \cdot \kappa_{\text{Н}}, \text{ руб.} \quad (8.12)$$

$$3_{\text{ПЛ.НАЛ}} = \frac{1731 \cdot 97,67 \cdot 1 \cdot 0,017}{17 \cdot 6000} \cdot 1,116 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,11$$

$$3_{\text{ПЛ.НАЛ}} = \frac{1731 \cdot 97,67 \cdot 1 \cdot 0,012}{17 \cdot 6000} \cdot 1,116 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,08$$

$$H_{3, \text{ПЛ}} = 3\text{П} \cdot \kappa_{\text{С}} = \text{Э}_{\text{ПЛ.ОП}} + 3_{\text{ПЛ.НАЛ}} \cdot \kappa_{\text{С}}, \text{ руб.} \quad (8.13)$$

$$H_{3, \text{ПЛ}} = \text{Э}_{4,54 + 0,11} \cdot 0,3 = 4,65 \cdot 0,3 = 1,4$$

$$H_{3, \text{ПЛ}} = \text{Э}_{3,09 + 0,08} \cdot 0,3 = 3,17 \cdot 0,3 = 0,95$$

$$P_A = \frac{\text{У}_{\text{ОБ}} \cdot \text{Э}_{\text{МОИТ}} + 1 \cdot B_{\text{Р.ОБ}}}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 100 \cdot 60 \cdot \kappa_{\text{ВН}}} \cdot H_A \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (8.14)$$

$$P_A = \frac{\text{У}_{\text{ОБ}} \cdot \text{Э}_{\text{МОИТ}} + 1 \cdot B_{\text{Р.ОБ}}}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 60 \cdot \kappa_{\text{ВН}}} \cdot \kappa_{\text{Р}} \cdot H_{\text{ОБ}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (8.15)$$

$$P_{\text{Э.Э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ЭЭ}} \cdot \kappa_{\text{М}} \cdot \kappa_{\text{П}} \cdot \kappa_{\text{ОД}} \cdot \kappa_{\text{В}}}{\text{КПД} \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.16)$$

$$P_{\text{И}} = \frac{\text{Ц}_{\text{И}} \cdot \kappa_{\text{ТР.И}} - B_{\text{Р.И}}}{T_{\text{И}} \cdot \text{Э}_{\text{ПЕР}} + 1} \cdot \kappa_{\text{ВБ}} + \frac{H_{\text{ПЕР}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПЕР}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot H_{\text{И}}}{60}, \text{ руб.} \quad (8.17)$$

$$P_{\text{ПР}} = \frac{\text{Ц}_{\text{ПР}} \cdot \kappa_{\text{Р.ПР}} - B_{\text{Р.ПР}}}{N_{\text{ГОД}} \cdot T_{\text{ПР}}} \cdot H_{\text{ПР}} \cdot \kappa_3, \text{ руб.} \quad (8.18)$$

$$P_{CM} = \frac{H_{OB} \cdot \kappa_3 \cdot P_{COЖ}}{N_{ГОД}}, \text{ руб.} \quad (8.19)$$

$$P_B = \frac{\Phi_{ЭФ.ОБ} \cdot H_{OB} \cdot \kappa_3 \cdot C_B \cdot Y_B}{N_{ГОД}}, \text{ руб.} \quad (8.20)$$

$$P_{ПЛ} = \frac{H_{OB} \cdot \kappa_3 \cdot P_{УД} \cdot \kappa_{ДОП.ПЛ} \cdot C_{ПЛ}}{N_{ГОД}}, \text{ руб.} \quad (8.21)$$

$$P_{СЖ} = \frac{H_{OB} \cdot \kappa_3 \cdot \Phi_{ЭФ.ОБ} \cdot Y_{СЖ} \cdot C_{СЖ}}{N_{ГОД}}, \text{ руб.} \quad (8.22)$$

$$P_{У.ПР} = \frac{\sum_{i=1}^m Z_{УП} \cdot \kappa_3 \cdot H_{ДЕТ} \cdot \kappa_{В.ПР}}{T_{ПЕР} \cdot П_{Г}} \quad (8.23)$$

$$P_{Э.ОБ} = P_A + P_{P.ОБ} + P_{Э.Э} + P_{И} + P_{ПР} + P_{СМ} + P_B + P_{ПЛ} + P_{СЖ} + P_{У.ПР}, \text{ руб.} \quad (8.24)$$

Для расчетов значений по формулам (8.14) – (8.24) использовалось программное обеспечение MicrosoftExcel, а полученные значения представлены в таблице 8.4

Таблица 8.4 – Расчетные значения параметров, входящих в расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра	
		Базовый	Проектный
1	2	3	4
1	Расходы на амортизацию оборудования, $P_A$ , руб.	0,265	0,179
2	Расходы на текущий ремонт, $P_{P.ОБ}$ , руб.	0,056	0,038
3	Расходы на электроэнергию $P_{Э}$ , руб.	0,309	0,239

Продолжение таблицы 8.4

1	2	3	4
4	Расходы на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента, $P_{И}$ , руб.	0,07	0,057
5	Расходы на содержание и эксплуатацию приспособления, $P_{ПР}$ , руб.	0,675	0,659
6	Расходы на смазочно-охлаждающую жидкость, $P_{СМ}$ , руб.	0,009	0,006
7	Расходы на технологическую воду, $P_{В}$ , руб.	0,075	0,051
8	Расходы на содержание и эксплуатацию производственной площади, $P_{Э.ПЛ}$ , руб.	0,001	0,001
9	Расходы на сжатый воздух, $P_{СЖ}$ , руб.	0,674	0,46
10	Расходы на подготовку и эксплуатацию управляющей программы для станков с ЧПУ, $P_{У.ПР}$ , руб.	0,895	0,747
11	Итого расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, $P_{Э.ОБ}$ , руб.	3,029	2,436

$$C_{ТЕХ} = 3П + H_{з.пл} + P_{Э.ОБ}, \text{ руб.} \quad (8.25)$$

$$C_{ТЕХ(БАЗ)} = 4,65 + 1,4 + 3,03 = 9,08$$

$$C_{ТЕХ(ПР)} = 3,17 + 0,95 + 2,44 = 6,56$$

Далее определяем полную себестоимость выполнения рассматриваемых операций, для этого используем калькуляцию себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса[24]. Согласно ей мы получаем: полную себестоимость по базовому варианту –  $C_{ПОЛН(БАЗ)} = 26,1$  руб., а по проектному варианту –  $C_{ПОЛН(ПР)} = 18,14$  руб.

## 8.6 Расчет показателей экономической эффективности

$$P_{OЖ} = (C_{ПОЛН.БАЗ} - C_{ПОЛН.ПР}) \cdot N_{ГОД}, \text{ руб.} \quad (8.26)$$

$$P_{OЖ} = (6,1 - 18,14) \cdot 6000 = 47760$$

$$H_{ПРИБ} = P_{OЖ} \cdot K_{НАЛ}, \text{ руб.} \quad (8.27)$$

$$H_{ПРИБ} = 47760 \cdot 0,2 = 9552$$

$$P_{ЧИСТ} = P_{OЖ} - H_{ПРИБ}, \text{ руб.} \quad (8.28)$$

$$P_{ЧИСТ} = 47760 - 9552 = 38208$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{K_{ВВ.ПР}}{P_{ЧИСТ}} + 1, \text{ года} \quad (8.29)$$

$$T_{ОК.РАСЧ} = \frac{52394,73}{38208} + 1 = 2,37 \approx 3 \text{ года}$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = P_{ЧИСТ.ДИСК} \cdot \sum_{1}^T \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.} \quad (8.30)$$

$$D_{ОБЩ.ДИСК} = P_{ЧИСТ.ДИСК}(T) = 38208 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) = 60674,3$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = D_{ОБЩ.ДИСК} - K_{ОБЩ}, \text{ руб.} \quad (8.31)$$

$$\mathcal{E}_{ИНТ} = ЧДД = 60674,3 - 52394,73 = 8279,57$$

$$ИД = \frac{Д_{ОБЩ.ДИСК}}{К_{ОБЩ}}, \text{ руб./руб.} \quad (8.32)$$

$$ИД = \frac{60674,3}{52394,73} = 1,16$$

Благодаря замене станочного приспособления на операции 005 (фрезерно-центровальной), а также замене инструмента на операции 010 (токарная) удалось уменьшить трудоемкость выполнения операций. Это привело к снижению себестоимости на 30,5%, что позволит получить дополнительную чистую прибыль в размере 38208руб. Необходимые капитальные вложения в объеме 52394,73 руб. окупятся в течение 3-х лет. Проведенные расчеты обосновали целесообразность описанных изменений, что подтверждается положительной величиной интегрального экономического эффекта в размере 8279,57 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта разработан технологический процесс изготовления шлицевого вала на базе типового техпроцесса. Для этого была спроектирована заготовка, сделаны расчеты припусков, режимов резания и выбраны средства технологического оснащения.

Для увеличения эффективности разработанного технологического процесса были проведены ряд мероприятий:

- проведены научные исследования на основе которых назначены режимы резания на токарную операцию;
- спроектировано станочное приспособление на фрезерно-центровальную операцию
- спроектирован прогрессивный режущий инструмент
- разработана планировка участка механической обработки

Так же в ходе выполнения работы был проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, разработаны мероприятия по их устранению.

Эффективность предложенных решений подтверждена экономическими расчетами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.
- 2 Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. - 456 с.
- 3 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учеб. для вузов / А. Н. Ковшов. - Изд. 2-е, испр. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2008. - 319 с.
- 4 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс.», 2007 – 256 с.
- 5 Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
- 6 Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г.
- 7 Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с.
- 8 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 910 с.

- 9 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с.
- 10 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраимова [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 608 с.
- 11 Металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебник. В 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев [и др.] ; под ред. В. В. Бушуева. - Москва : Машиностроение, 2011. - 586 с.
- 12 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 592 с.
- 13 Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 655 с.
- 14 Шагун, В. И. Metallорежущие инструменты : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Шагун. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2008. - 423 с.
- 15 Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. / У Болтон – М : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002 – 384 с.
- 16 Гузеев В. И., Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-е изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364, [1] с.
- 17 Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.
- 18 Грубый С.В. Рациональный выбор режимных параметров на токарных операциях / Технология металлов. – 2001. - №8. – С. 25-32.
- 19 <http://www.vniiinstrument.ru>

20 Блюменштейн В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. - Изд. 3-е, стер. ; гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 219 с.

21 Кирсанова, Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 386 с.

22 Козлов, А. А. Проектирование механических цехов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. А. Козлов ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 47 с.

23 Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 33 с.

24 Зубкова, Н.В. Методические указания по экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей / Н.В. Зубкова – Тольятти : ТГУ, 2005.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам





## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Маршрутные карты





А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа												
						Код, наименование оборудования	СМ	проб.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кшт	Гроз	Гшт	
А 69	XX XX XX	030	4262	Шпоночнофрезерная														
Б 70	381631	Вертикально-фрезерный	FV321M 3	18632	422	1P	1	1	1200	1								1,33
0 71	Фрезеровать шпоночный паз пов. 9x10 H=26-0,084; b=10-0,036; l=26±0,1.																	
Т 72	396131	Тиски самоцентрирующие с призматическими губками	ГОСТ 12195-66; 391802	Фреза шпоноч-														
73	ная Ø10 ГОСТ 1695-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393120 Калибр-пробка.																	
74																		
А 75	XX XX XX	035	4153	Шлицефрезерная														
Б 76	381572	Шлицефрезерный	ВСН-620 NC22 3	12287	312	1P	1	1	1200	1								1,45
0 77	Фрезеровать пов. 15, 16 в размер 10-й степени точности.																	
Т 78	396110	Патрон поводковый	ГОСТ 2571-71; 391810	Фреза шлицевая	Р6М5	ГОСТ 8027-82.												
79	394300 Прибор измерительный универсальный.																	
80																		
А 81	XX XX XX	040	Термическая															
82																		
А 83	XX XX XX	045	4130	Центрошлифовальная														
Б 84	381310	Центрошлифовальный	3925 3	18225	422	1P	1	1	1200	1								0,29
0 85	Шлифовать центровые отверстия 21, 20.																	
Т 86	396131	Тиски призматические	ГОСТ 12195-66; 397110	Головка шлифовальная	АГК	ГОСТ 2447-82												
87	393120 Шаблон.																	
88																		
А 89	XX XX XX	050	4131	Шлифовальная														
Б 90	381311	Торцекруглошлифовальный	НУ2710 3	18873	422	1P	1	1	1200	1								0,31
0 91	Шлифовать поверхности и торцы: пов. 6 Ø25-0,033; торец 12 l=118±0,054.																	
МК																		



А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН
Б	Код, наименование оборудования											
0 117	<i>Шлифовать поверхность: пов. 14 <math>\phi</math>20+0,039.</i>											
Т 118	<i>396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифовальный-</i>											
119	<i>ный ПП20х15х15; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ6507-78.</i>											
120												
А 121	<i>XX XX XX 075 4131 Шлифовальная</i>											
Б 122	<i>381311 Внутршлифовальный JH-150NC 3 18873 422 1P 1 1 1 1200 1 0,18</i>											
0 123	<i>Шлифовать поверхность: пов. 14 <math>\phi</math>20+0,033.</i>											
Т 124	<i>396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифовальный-</i>											
125	<i>ный ПП20х15х15; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ6507-78.</i>											
126												
А 127	<i>XX XX XX 080 4151 Шлицшлифовальная</i>											
Б 128	<i>381562 Шлицшлифовальный 3450 3 12287 312 1P 1 1 1 1200 1 0,84</i>											
0 129	<i>Шлифовать пов. 15 в размер 7-й степени точности</i>											
Т 130	<i>396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 391810 Круг шлифовальный; 394300 Прибор измерительный</i>											
131	<i>универсальный.</i>											
132												
А 133	<i>XX XX XX 085 Моечная</i>											
134												
А 135	<i>XX XX XX 090 Контрольная</i>											
136												
137												
138												
139												
МК												

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Операционные карты













