

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
Направление 151001.65 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
автоматизированных машиностроительных производств»  
Специальность «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Технологический процесс изготовления шлицевого вала-шестерни  
привода сверлильной головки

Студент(ка)	<u>М.С. Ташлыков</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>Н.Ю. Логинов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>Л.Н. Горина</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой  
к.т.н, доцент

\_\_\_\_\_ А.В. Бобровский  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

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 Ташлыков Максим Сергеевич гр. ТМз-1001

1. Тема Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода сверлильной головки
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «\_\_» \_\_\_\_ 2016г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 5000 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*

## АННОТАЦИЯ

УДК 621.824.-62-233.14

Ташлыков М.С. Технологический процесс изготовления вала-шестерни привода сверлильной головки. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2016 г.

Дипломный проект состоит из восьми разделов и приложений.

В первом разделе производится описание, исходных данных и их краткий анализ, по результатам которого ставятся основные задачи проекта.

Во втором разделе проектируется технологический процесс изготовления вала-шестерни на основе типового техпроцесса.

Третий раздел посвящен совершенствованию зуборезных операций на базе научных исследований.

В четвертом разделе проектируется специальное станочное приспособление для токарных операций, которое реализует теоретическую схему базирования и обеспечивает необходимую точность обработки.

В пятом разделе производится проектирование червячная фреза для нарезания зубчатого венца.

Шестой раздел направлен на проектирование производственного участка в соответствии со всеми нормами и правилами проектирования.

В седьмом разделе производится анализ опасных и вредных факторов на данном участке и разработка мероприятий по их устранению.

В заключительном разделе оценивается экономическая эффективность принятых решений.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение, цель проекта.....	7
1 Описание исходных данных.....	8
1.1 Анализ служебного назначения детали.....	8
1.2 Анализ технологичности детали.....	8
1.3 Систематизация поверхностей детали.....	10
1.4 Определение типа производства.....	11
1.5 Задачи проекта.....	11
2 Технологическая часть проекта.....	12
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса.....	12
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	13
2.3 Выбор методов обработки поверхностей.....	16
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	17
2.5 Разработка технологического маршрута.....	24
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	26
2.7 Проектирование технологических операций.....	43
3 Совершенствование операции с помощью научных исследований.....	48
3.1 Цель исследований.....	48
3.2 Исследования обработки зубчатых венцов с переменной скоростью резания.....	48
3.3 Выводы по результатам научных исследований.....	52
4 Проектирование приспособления.....	53
4.1 Исходные данные.....	53
4.2 Расчет сил резания.....	53
4.3 Расчет усилия зажима.....	54
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

5.1	Определение размеров фрезы по нормали.....	61
5.2	Определение конструктивных размеров фрезы.....	62
5.3	Проверочный расчет.....	65
6	Проектирование производственного участка.....	67
6.1	Исходные данные.....	67
6.2	Расчет необходимого оборудования.....	68
6.3	Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих, служебного персонала и МОП.....	71
6.4	Определение площади участка.....	72
6.5	Компоновка участка.....	73
7	Безопасность и экологичность технического объекта.....	75
7.1	Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	75
7.2	Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	76
7.3	Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	82
7.4	Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	86
7.5	Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	90
7.6	Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	92
8	Экономическая эффективность проекта.....	94
8.1	Краткая характеристика сравниваемых вариантов.....	94
8.2	Расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки.....	98
8.3	Расчет дополнительных исходных данных для станков с ЧПУ.....	99
8.4	Расчет капитальных вложений в совершенствование техпроцесса.....	100
8.5	Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	101
8.6	Расчет показателей экономической эффективности.....	105
	Заключение.....	107

Список использованных источников.....	108
Приложения.....	111

## ВВЕДЕНИЕ, ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Рассматриваемый в данной работе вал-шестерня является одной из деталей сверлильной головки, которые нашли достаточно широкое применение в крупносерийном и массовом производствах. Основным их преимуществом является возможность обработки сразу нескольких отверстий, что повышает производительность выполняемых работ и обеспечивает заданную точность взаимного расположения отверстий.

Сверлильная головка достаточно ответственное приспособление, т.к. в случае его выхода из строя останавливается вся автоматическая линия или агрегатный станок. Поэтому к деталям входящим в ее состав, в том числе и к рассматриваемому валу-шестерне, предъявляются жесткие требования по надежности и долговечности. Обеспечение этих требований отражается на повышении точности и качества поверхностей детали.

Исходя из вышесказанного цель данной работы – обеспечить выпуск изделий заданного качества, в установленном количестве и с наименьшими экономическими затратами.

## 1 Описание исходных данных

### 1.1 Анализ служебного назначения детали

Анализ служебного назначения детали производим исходя из ее конструкции и назначения рассматриваемой сверлильной головки.

Вал-шестерня является промежуточным валом сверлильной головки, служит для передачи крутящего момента от ведущего вала ведомому посредством, посредством двух шестерен выполненных заодно с валом. Крутящий момент попадает от ведущего вала на большую шестерню и передается ведомому через малую шестерню.

Конфигурация вала-шестерни является типовой для данного вида деталей, что объясняется ее служебным назначением.

Базирование вала-шестерни в корпусе осуществляется при помощи подшипников качения, что является типовым конструкторским решением.

В целом условия работы детали можно охарактеризовать как неагрессивные, т.к. работа осуществляется в условиях нормального смазывания поверхностей трения в масляном тумане в закрытом корпусе.

### 1.2 Анализ технологичности детали

Технологичность детали зависит от множества факторов. Основные из них [1]: технологичность материала, технологичность метода получения заготовки, технологичность конструкции детали, технологичность базирования и закрепления при механической обработке, технологичность обрабатываемых поверхностей. Проведем анализ этих основных факторов.

В качестве материала конструктором назначена сталь 30ХМА ГОСТ4543-71. материал обладает следующими физико-механическими свойствами [2]  $\sigma_B = 950$  МПа,  $\sigma_T = 750$  МПа. Обрабатываемость твердосплавным инструментом,  $K_0 = 0,5$ , быстрорежущим инструментом  $K_0 = 0,5$ .

Заготовку вала-шестерни целесообразно получать из проката или штамповкой на прессе. В случае использования прутка заготовка будет проще по форме и дешевле в получении, но в этом случае требуется больший объем



черновой обработки. Следует отметить, что и при получении заготовки штамповкой ее форма достаточно простая. Поверхности готовой детали должны иметь точность от 14 квалитета и выше, шероховатость от Ra12,5 и выше, поэтому механическая обработка будет выполнена для всех поверхностей.

В ходе анализ конструкции детали следует отметить, что вал-шестерня имеет ступенчатую конфигурацию, характерную для данного вида деталей. Конструкция детали содержит унифицированные элементы, такие как фаски, центровые отверстия, шпоночные пазы и эвольвентные зубчатые венцы. Все размеры детали соответствуют нормальному ряду чисел. В связи с этим можно сделать заключение, что механическая обработка будет выполняться на основе типовых методов обработки по типовым техпроцессам с применением стандартного режущего инструмента и контрольно-измерительных приборов.

С точки зрения базирования заготовки при механической обработке затруднений также не должно возникнуть. В качестве черновых баз для установки заготовки на первой операции могут быть использованы основные конструкторские базы, в случае необходимости любые другие шейки и уступы. В дальнейшем в качестве баз могут быть использованы центровые отверстия и цилиндрические поверхности и шейки. В большинстве случаев удастся совместить при обработке измерительные и технологические базы, что положительно скажется на точности обработки.

Как уже отмечалось ранее, механической обработке необходимо подвергнуть все поверхности детали. Анализ показал, что параметры качества поверхностей детали являются оптимальными с точки зрения обеспечения эксплуатационных характеристик детали. Изменение точности и шероховатости поверхностей для уменьшения объема мех. обработки невозможно, т.к. изменятся эксплуатационные показатели вала-шестерни заложенные при его проектировании. Поверхности различного назначения, точности и шероховатости разделены канавками, что облегчает их обработку.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод о высокой технологичности вала-шестерни.

### 1.3 Систематизация поверхностей детали

С целью выявления наиболее важных, с точки зрения обеспечения эксплуатационных показателей детали, поверхностей проведем их систематизацию по назначению [3].

Для этого сделаем эскиз детали с пронумерованными поверхностями (представлен на рисунке 1.1).

Результаты систематизации поверхностей сведем в таблицу 1.1.

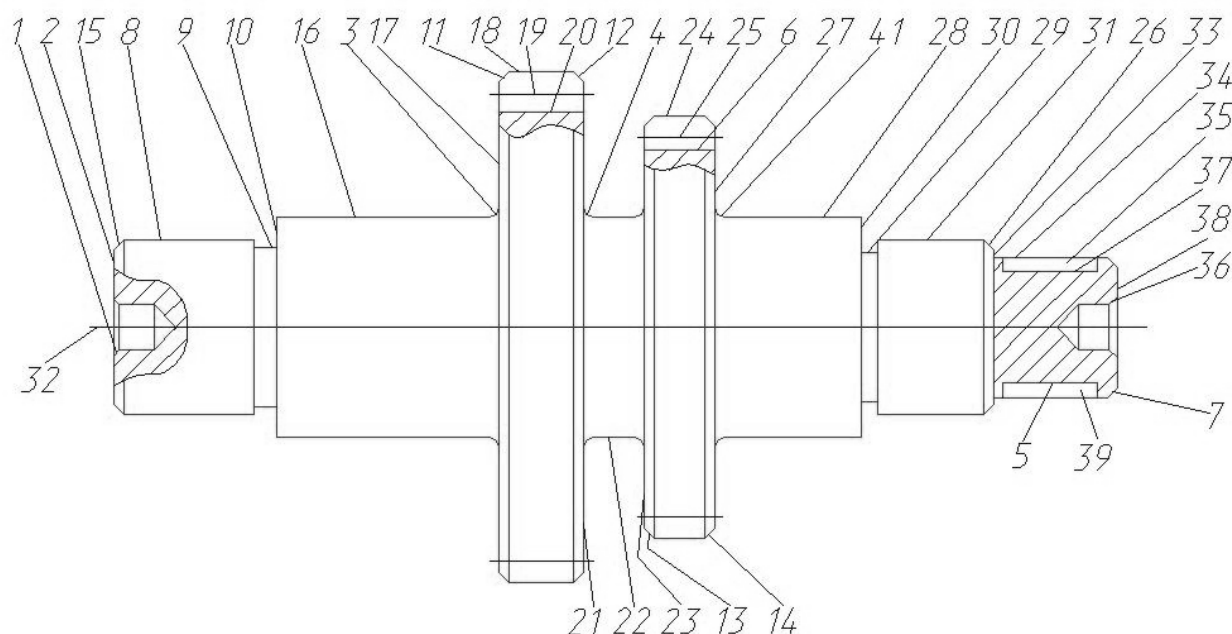


Рис.1.1 - Систематизация поверхностей детали

Таблица 1.1 - Классификация поверхностей детали

Вид поверхности	Номер поверхности
Основная конструкторская база	8, 10, 29
Вспомогательная конструкторская база	5, 28, 33, 34, 37
Исполнительная поверхность	19, 25, 35, 39
Свободные поверхности	Все оставшиеся поверхности

#### 1.4 Определение типа производства

Тип производства определяется согласно коэффициента закрепления операции. Однако, на начальной стадии проектирования и при укрупненном расчете возможно определение укрупнено по нормативам [4] исходя из годовой программы выпуска и массы детали.

В данном случае заданный объем выпуска детали вал-шестерня 5000 штук в год, масса детали 4,5 кг, что соответствует среднесерийному производству.

#### 1.5 Задачи проекта

Исходя из анализа исходных данных можно сформулировать следующие задачи проекта, которые необходимо решить в ходе его выполнения:

- выбор метода получения и проектирование заготовки;
- проектирование маршрутно-операционной технологии изготовления вала-шестерни;
- совершенствование техпроцесса на базе научных исследований;
- в случае необходимости проектирование специального станочного приспособления;
- в случае необходимости проектирование специального режущего инструмента;
- проектирование оптимального производственного участка;
- проведение анализа безопасности и экологичности технического объекта;
- расчет экономической эффективности предложенных решений.

Решению данных задач посвящены следующие разделы проекта.

## 2 Технологическая часть проекта

### 2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Стратегия разработки технологического процесса выбирается исходя из типа производства. В нашем случае тип производства среднесерийный, поэтому принимаем следующую стратегию разработки техпроцесса [1, 3].

Предпочтительный вид стратегии - последовательная. В обоснованных случаях возможно применение циклической, линейной, разветвленной, жесткой и адаптивной стратегий.

Форма организации техпроцесса - непоточная. Детали выпускаются периодическими партиями.

Предпочтительные методы получения заготовок прокат и штамповка.

Выбор методов обработки поверхностей производится табличным методом по коэффициенту удельных затрат.

Для определения припусков на обработку применяется табличный метод. В обоснованных случаях припуски определяются по переходам. При этом величина припуска незначительная.

Разработка технологических процессов производится на базе типового техпроцесса. При этом разрабатывается, как правило, маршрутная технология. В определенных случаях разрабатывается маршрутно-операционная технология.

Маршрут обработки формируется по принципу экстенсивной или интенсивной концентрации операций. В зависимости от реальной производственной обстановки и характеристик применяемого оборудования.

При базировании заготовок обязательным является соблюдение принципов постоянства баз и единства баз.

Точность обработки обеспечивается методом работы на настроенном оборудовании.

В данном случае применяется универсальное оборудование и оборудование, оснащенное числовым программным управлением. Станочные приспособления: универсальные, стандартные, универсально-сборные, при

необходимости специальные. Режущие инструменты: стандартные, при необходимости специальные. Средства контроля: универсальные, при необходимости специальные.

Режимов резания определяются по общемашиностроительным нормативам, в отдельных случаях по эмпирическим формулам.

Нормирование технологического процесса выполняется по опытно-статистическим нормам, для наиболее сложных операций возможно применение детального пооперационного нормирования.

Расстановка оборудования на участке производится по группам.

Рабочие должны иметь достаточно высокую квалификацию.

В качестве технологической документации используются маршрутные карты. Для наиболее сложных операций возможна разработка операционных карт.

## 2.2 Выбор метода получения заготовки

Как отмечалось ранее, для рассматриваемой детали в качестве метода получения заготовки можно выбрать прокат или горячую штамповку. Для окончательного выбора метода получения заготовки выполним сравнительный экономический анализ [5]. В основе метода лежит сравнение общих затрат на получение детали для этих методов.

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

где  $C_i$  - общие затраты;

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

$C_{ОБР.i}$  - затраты на обработку;

$i$  - номер варианта получения заготовки.

Индекс  $i = 1$  для проката, индекс  $i = 2$  для штамповки.

Стоимость заготовки определим по формулам:

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

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

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

$M_{3i}$  – масса заготовки;

$M_{Дi}$  – масса детали, кг;

$K_{ИМ}$  – коэффициент использования металла;

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

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

Определяем массы детали и заготовок, полученных различными методами.

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;

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

$\rho$  – плотность материала.

$$M_o = \frac{\pi}{4} (4^2 \cdot 4 + 4,5^2 \cdot 6 + 8,4^2 \cdot 2,4 + 6,8^2 \cdot 2,4 + 4,5^2 \cdot 7,5 + 4^2 \cdot 4 + 3^2 \cdot 4) \cdot 0,00785 = 4,5 \text{ кг}$$

Масса заготовки полученной из проката:

$$M_{3i} = 0,00785 \cdot d^2 \cdot l \cdot \rho \quad (2.5)$$

где  $d$  – диаметр проката, см;

$l$  – длина заготовки, см.

$$M_{3i} = (\pi \cdot 9,1^2 \cdot 31,8 \cdot 0,00785) / 4 = 16,22 \text{ кг}$$

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.

$$M_{32} = 0,785 \cdot (5^2 \cdot 9,8 + 8,8^2 \cdot 6,8 + 5^2 \cdot 15,3) \cdot 0,00785 = 6,0 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала:

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

$$K_{им1} = \frac{4,5}{16,22} = 0,27$$

$$K_{им2} = \frac{4,5}{6,0} = 0,73$$

Определяем стоимость заготовки для каждого метода:

$$C_{31} = \frac{16370 \cdot 16,22 \cdot 1,1}{1000} = 292,07 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{19530 \cdot 6,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5}{1000} = 295,39 \text{ руб.}$$

Определим затраты на механическую обработку для каждого метода.

$$C_{обр.i} = \frac{C_{уд} \left( \frac{1}{K_{им.i}} - 1 \right) M_{д}}{K_o} \quad (2.8)$$

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

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала.

Рассчитаем затраты для каждого из вариантов:

$$C_{OБP1} = \frac{4,5 \cdot 4,5 \cdot \left(\frac{1}{0,27} - 1\right)}{1} = 75,85 \text{ руб};$$

$$C_{OБP2} = \frac{4,5 \cdot 4,5 \cdot \left(\frac{1}{0,73} - 1\right)}{0,7} = 10,47 \text{ руб}.$$

Тогда суммарные затраты равны:

$$C_1 = 292,07 + 75,85 = 367,92 \text{ руб};$$

$$C_2 = 295,39 + 10,47 = 305,86 \text{ руб}.$$

Минимальное значение суммарных затрат соответствует штампованной заготовке. Значит, в качестве метода получения заготовки выбираем штамповку.

### 2.3 Выбора методов обработки поверхностей

Экономически обоснованные методы обработки поверхностей выбираем в зависимости от заданных квалитетов точности и шероховатости поверхностей, исходя из коэффициентов удельных затрат [6].

При этом необходимо учитывать некоторые рекомендации.

Обработку поверхности можно выполнять за один или несколько переходов.

Если к точности размеров и качеству поверхности не предъявляется высоких требований, проводится однократная получистовая или черновая обработка.

Каждый последующий метод обработки одной поверхности должен быть точнее предыдущего.

Точность на каждом последующем переходе повышается при черновой обработке на два-три квалитета, при чистовой на один-два квалитета.

В маршрутах обработки различных поверхностей, принадлежащих одной детали, повторяемость методов обработки была максимальной.

Все методы сводим в таблицу 2.1.



Таблица 2.1 - Методы обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость $Ra$	Последовательность обработки
1, 36	КВ	9	3,2	С-ТО-ШФ
2, 38	П	14	12,5	Ф-ТО
3, 4	С	14	12,5	Т-ТО
5, 37	П	9	3,2	ШФ-ТО
6	П	9	2,5	ЗД-ТО
7, 11, 12, 13, 14, 15, 26, 30	К	14	12,5	Тч-ТО
8, 31	Ц	6	0,63	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
9, 29	К	14	12,5	ТК-ТО
10, 33	П	12	2,5	Т-Тч-ТО-Ш-Шч
16, 22, 28	Ц	14	12,5	Т-ТО
17, 21, 23, 27	Ц	14	12,5	Т-ТО
18, 24	Ц	11	3,2	Т-Тп-ТО
19	Э	7-С	0,8	ЗФ-ШВ-ТО-Шч
20	П	9	2,5	ЗФ-ТО
25	Э	7-С	0,8	ЗД-ШВ-ТО-Шч
34	Ц	8	1,6	Т-Тп-ТО-Ш
35, 39	П	9	3,2	ШФ-ТО

В таблице приняты следующие обозначения: П – плоская поверхность; Ц – цилиндрическая поверхность; ЦВ – цилиндрическая внутренняя поверхность; РВ – резьбовая внутренняя поверхность; Э – эвольвента; К – коническая

поверхность; КВ – коническая внутренняя; С – сферическая поверхность; Ф – фрезерование; ШФ – шпоночное фрезерование; ТК – точение канавки; ЗД – зубодолбление; ЗФ – зубофрезерование; ШВ – шевингование; С – сверление; З – зенкерование; Ш – шлифование; Шч – шлифование чистовое.

#### 2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

Исходя из типа производства и рекомендаций п.2.1 припуски для обработки поверхностей по подшипники в размер  $\varnothing 40 \text{ k6} \begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$  рассчитываем расчетно-аналитическим методом, согласно рекомендаций [7].

Составляющие припуска определяются следующим образом.

Суммарная величина дефектного слоя:

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

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

После определения составляющих припуска 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.

$$Z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0.4 + \sqrt{0.4^2 + 0.025^2} = 0.801$$

$$Z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0.2 + \sqrt{0.063^2 + 0.025^2} = 0.268$$

$$Z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0.025 + \sqrt{0.04^2 + 0.012^2} = 0.292$$

$$Z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0.05 + \sqrt{0.01^2 + 0.012^2} = 0.066$$

Далее определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + 0.5 \cdot (d_{i-1} + Td_{i-1}) \quad (2.12)$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + 0.5 \cdot (d_0 + Td_1) = 0.801 + 0.5 \cdot (0.6 + 0.25) = 1.714$$

$$Z_{2\max} = Z_{2\min} + 0.5 \cdot (d_1 + Td_2) = 0.268 + 0.5 \cdot (0.25 + 0.1) = 0.443$$

$$Z_{3\max} = Z_{3\min} + 0.5 \cdot (d_{TO} + Td_3) = 0.292 + 0.5 \cdot (0.16 + 0.1) = 0.422$$

$$Z_{4\max} = Z_{4\min} + 0.5 \cdot (d_3 + Td_4) = 0.066 + 0.5 \cdot (0.039 + 0.016) = 0.094$$

Определяем среднее значение припуска:

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

$$Z_{cp1} = (Z_{1\max} + Z_{1\min}) / 2 = (1.714 + 0.801) / 2 = 1.258$$

$$Z_{cp2} = (Z_{2\max} + Z_{2\min}) / 2 = (0.443 + 0.268) / 2 = 0.356$$

$$Z_{cp3} = (Z_{3\max} + Z_{3\min}) / 2 = (0.422 + 0.292) / 2 = 0.357$$

$$Z_{cp4} = (Z_{4\max} + Z_{4\min}) / 2 = (0.094 + 0.066) / 2 = 0.080$$

Предельные размеры для каждого перехода определяем по формулам:

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

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

Для термообработки учтем, что при переходе аустенита в мартенсит происходит увеличение размеров на 0,1%. Тогда размеры для перехода

термообработка:

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

$$d_{4\max} = 40.002$$

$$d_{4\min} = 40.018$$

$$d_{3\min} = d_{4\max} + 2 \times Z_{4\min} = 40.018 + 2 \times 0.066 = 40.150$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_4 = 40.150 + 0.039 = 40.189$$

$$d_{TO\min} = d_{3\max} + 2 \times Z_{3\min} = 40.189 + 2 \times 0.292 = 41.229$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 41.229 + 0.160 = 41.389$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \times 0.999 = 41.229 \times 0.999 = 41.188$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 41.188 + 0.100 = 41.288$$

$$d_{1\min} = d_{2\max} + 2 \times Z_{2\min} = 41.288 + 2 \times 0.268 = 41.824$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 41.824 + 0.250 = 42.074$$

$$d_{0\min} = d_{1\max} + 2 \times Z_{1\min} = 42.074 + 2 \times 0.801 = 43.676$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 43.676 + 1.600 = 42.276$$

Средние значения размера для каждого перехода определяем по формуле:

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

$$d_{cp0} = \sqrt{d_{0\max} + d_{0\min}} = \sqrt{45.276 + 43.676} = 44.476$$

$$d_{cp1} = \sqrt{d_{1\max} + d_{1\min}} = \sqrt{42.074 + 41.824} = 41.949$$

$$d_{cp2} = \sqrt{d_{2\max} + d_{2\min}} = \sqrt{41.288 + 41.188} = 41.238$$

$$d_{cpTO} = \sqrt{d_{TO\max} + d_{TO\min}} = \sqrt{41.389 + 41.229} = 41.309$$

$$d_{cp3} = \sqrt{d_{3\max} + d_{3\min}} = \sqrt{40.645 + 40.545} = 40.595$$

$$d_{cp4} = \sqrt{d_{4\max} + d_{4\min}} = \sqrt{40.018 + 40.002} = 40.010$$

Общий припуск на обработку определяется:

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

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

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

$$2Z_{\min} = 43.676 - 40.018 = 3.658$$

$$2Z_{\max} = 3.658 + 1.600 + 0.016 = 5.274$$

$$2Z_{cp} = 0.5 \times \sqrt{3.658^2 + 5.274^2} = 4.466$$

Результаты расчета заполним в виде таблицы 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	Штамповка	16	1,6	0,4	0,4	-	0,801	-	-	43,676	45,276	44,476
1	Точение черновое	12	0,25	0,2	0,063	0,025	0,268	1,714	1,258	41,824	42,074	41,949
2	Точение чистовое	10	0,1	0,1	0,015	0,025	0,268	0,443	0,356	41,188	41,288	41,238
3	ТО	11	0,16	0,25	0,04	-	-	-	-	41,229	41,389	41,309
4	Шлифование черновое	8	0,039	0,05	0,01	0,012	0,178	0,248	0,213	40,150	40,189	40,170
5	Шлифование чистовое	6	0,016	0,01	0,004	0,012	0,066	0,094	0,080	40,002	40,018	40,010
Общий припуск $2Z$							3,658	5,274	4,466			

В соответствии с рекомендациями п. 2.1 припуски на обработку оставшихся поверхностей определяем табличным методом.

В соответствии с рекомендациями [8, 9] порядок назначения припуска следующий:

1) по таблицам [8, 9] определяем минимальный припуск на обработку для каждого перехода  $Z_{i\min}$  ;

2) максимальный припуск на обработку для каждого перехода определяем по формуле:

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

Результаты заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Припуски на обработку

№ пов.	Наименование перехода	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
16, 28, 22, 18, 24	Точение черновое	2,2	3,5
17, 21, 23, 27	Точение черновое	1,5	3,2
34	Точение черновое	2,2	3,31
	Точение чистовое	0,35	0,50
	Шлифование	0,6	0,68
10, 30, 33	Точение черновое	1,6	3,23
	Точение чистовое	0,7	1,04
	Шлифование	0,4	0,57
	Шлифование чистовое	0,04	0,13
19, 25	Зубонарезание	0,6	1,05
	Зубошевингование	0,18	0,42
	Притирка	0,01	0,04

Заготовку проектируем в следующем порядке [1, 5]:

- 1) вычерчиваем контур детали;
- 2) выбираем метод получения заготовки;
- 3) вычерчиваем расчетный контур заготовки путем добавления припусков;
- 4) определяем положение плоскости разъема штампа и положение «верх», «низ» заготовки;
- 5) определяем возможные технологические базы для первой операции;
- 6) вычерчиваем условный контур заготовки путем добавления напусков;
- 7) определяем параметры заготовки:
  - класс точности - Т4.
  - группа стали - М2.
  - степень сложности заготовки - С2.
  - исходный индекс - И-11.
  - штамповочные уклоны  $7^\circ$ .
  - радиус закругления 3 мм.
  - допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм.

Чертеж заготовки представлен на листе графической части дипломного проекта.

## 2.5 Разработка технологического маршрута

Типовые технологические маршруты изготовления вала-шестерни представлены в [10]. Проведя анализ известных маршрутов и учитывая конструктивные особенности рассматриваемой детали разработаем ее маршрут обработки.

При разработке маршрута обработки следует воспользоваться рекомендациями п 2.1.

Маршрут обработки, содержащий название операции, ее содержание, а также номера обрабатываемых поверхностей на каждой операции представлен в таблице 2.4.



Таблица 2.4 - Технологический маршрут изготовления вала-шестерни

№	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	Фрезерование	2, 38	005	Фрезерноцентровальная
2	Сверление	1, 36	005	Фрезерноцентровальная
3	Точение	34, 33, 31, 30, 28, 27, 24, 23, 22, 5, 4, 18, 17, 3, 16, 10, 8	010	Токарная
4	Точение	34, 33, 7, 26, 31, 29, 30, 14, 13, 12, 11, 8, 9, 10	015	Токарная
5	Фрезерование	5, 39	020	Фрезерная
6	Фрезерование	35, 37	025	Фрезерная
7	Зубофрезерование	19, 20	030	Зубофрезерная
8	Снятие фасок		035	Зубофасочная
9	Зубодолбление	6, 25	040	Зубодолбежная
10	Снятие фасок		045	Зубофасочная
11	Зубошевенгование	19	050	Зубошевенговальная
12	Зубошевенгование	25	055	Зубошевенговальная
13	ТО	все	060	Термическая
14	Центрошлифование	1, 36	065	Центрошлифовальная
15	Шлифовальная	10, 8	070	Шлифовальная
16	Шлифовальная	30, 31, 34, 33	075	Шлифовальная
17	Шлифовальная	10, 8	080	Шлифовальная
18	Шлифовальная	30, 31, 34, 33	085	Шлифовальная
19	Притирка	19, 25	090	Притирочная
20	Моечная	Все	095	Моечная
21	Контрольная	Все	100	Контрольная

Исходя из полученного маршрута обработки детали формируется план изготовления вала-шестерни [10], который представляет собой графическое изображение маршрута обработки. Кроме того, на плане изготовления указываются используемое на каждой операции оборудование, схемы базирования и технологические требования. План обработки представлен в графической части дипломного проекта.

## 2.6 Выбор средств технологического оснащения

Выборе металлорежущего оборудования производится согласно рекомендаций [1, 11].

Группу станков выбираем исходя из формы обрабатываемой поверхности и метода обработки.

Тип станка выбираем исходя из положения обрабатываемой поверхности.

Модель станка выбираем исходя из габаритных размеров заготовки, размеров обработанных поверхностей и точности обработки.

Выбранное оборудование указано в таблице 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	2, 38	12	Фрезерно-центровальный п/а МР-78
		Сверление центровых отверстий	1, 36	9	
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	8, 10, 16, 17 34, 33, 31, 30, 28, 27, 24, 23, 22, 21, 18	12	Токарно-винторезный САМАТ 400 ХС
015	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	8, 10, 9, 15 34, 33, 31, 30, 29, 26, 7	10	Токарно-винторезный САМАТ 400 ХС
020	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	35, 37	9	Вертикально-фрезерный 6Т13
025	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	35, 37	9	Вертикально-фрезерный 6Т13
030	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	19, 20	8 ст	Вертикальный

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
					зубофрезерный 53A20
035	Зубофасочная	Снятие фасок		14	Зубофасочный BC-320A
040	Зубодолбежная	Нарезание зубьев	6, 25	8 ст	Зубодолбежный 5A122B
045	Зубофасочная	Снятие фасок		14	Зубофасочный BC-320A
050	Зубошевинговаль- ная	Шевингование	19	6ст	Зубошевинговаль- ный 5702B
055	Зубошевинговаль- ная	Шевингование	25	6ст	Зубошевинговаль- ный 5702B
060	Термическая				
065	Шлифовальная	Шлифование центровых отверстий	1, 36	8	Центрошлифоваль- ный 3922
070	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	8, 10	8	Торцекругло- шлифовальный п/а 3Т160

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6
075	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	39, 30, 33, 34	8	Торцекругло-шлифовальный п/а ЗТ160
080	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	8, 10	6	Торцекругло-шлифовальный п/а ЗТ160
085	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	31, 30	6	Торцекругло-шлифовальный п/а ЗТ160
090	Притирочная	Притирка	19, 25	6ст	Притирочный 5П722
095	Контрольная				
100	Моечная				

Выбор станочных приспособлений производим на основании рекомендаций [1, 11].

Порядок выбора следующий:

1) исходя из типа и модели станка, и метода обработки выбираем тип приспособления;

2) исходя из теоретической схемы базирования, и формы базовых поверхностей выбираем вид и форму опорных, зажимных и установочных элементов;

3) исходя из расположения базовых поверхностей, а также их точности, шероховатости, формы заготовки и расположения обрабатываемых поверхностей выбираем конструкцию приспособления;

4) исходя из габаритов заготовки и размеров базовых поверхностей, выбираем типоразмер приспособления.

Выбранные станочные приспособления указаны в таблице 2.6.



Таблица 2.6 - Выбор станочных 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 Ø40 ГОСТ12195-66
		Сверление центровых отверстий			
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ8742-75	Кулачки	Патрон трехкулачковый
015	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	Центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ8742-75	Кулачки инерционные	Патрон поводковый ГОСТ8742-75
020	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	Призмы установочные, осевой упор	Призмы самоцентрирующие	Тиски самоцентрирующие Ø40 ГОСТ12195-66
025	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	Призмы	Призмы	Тиски самоцентрирующие



Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
			установочные, осевой упор	самоцентрирую щие	щие Ø40 ГОСТ12195- 66
030	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Кулачки самоцентрирую щиеся	Настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ2675-47
035	Зубофасочная	Снятие фасок	Центр вращающийся ГОСТ8742-75	Лепестки цанги	Патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ8742-75
040	Зубодолбежная	Нарезание зубьев	Центр вращающийся ГОСТ 8742-75	Кулачки самоцентрирую щиеся	Настольный пневматический трехкулачковый патрон ГОСТ2675-47
045	Зубофасочная	Снятие фасок	Центр вращающийся ГОСТ8742-75	Лепестки цанги	Патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ8742-75
050	Зубошевинговаль ная	Шевингование	Центр вращающийся	Лепестки цанги	Патрон цанговый, центр вращающийся

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
			ГОСТ8742-75		ГОСТ8742-75
055	Зубошевинговальная	Шевингование	Центр вращающийся ГОСТ8742-75	Лепестки цанги	Патрон цанговый, центр вращающийся ГОСТ8742-75
060	Термическая				
065	Шлифовальная	Шлифование центровых отверстий	Торец кулачков	Кулачки	Патрон мембранный ГОСТ16157-70
070	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Центр неподвижный ГОСТ8742-75	Кулачки инерционные	Патрон поводковый ГОСТ2571-71, центр неподвижный ГОСТ8740-75
075	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Центр неподвижный ГОСТ8742-75	Кулачки инерционные	Патрон поводковый ГОСТ2571-71, центр неподвижный ГОСТ8740-75
080	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Центр неподвижный ГОСТ8742-75	Кулачки инерционные	Патрон поводковый ГОСТ2571-71, центр неподвижный

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6
					ГОСТ8740-75
085	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Центр неподвижный ГОСТ8742-75	Кулачки инерционные	Патрон поводковый ГОСТ2571-71, центр неподвижный ГОСТ8740-75
090	Притирочная	Притирка	Центр неподвижный ГОСТ8742-75		Центр неподвижный ГОСТ8740-75
095	Контрольная				
100	Моечная				

При выборе режущего инструмента воспользуемся рекомендациями [1, 11].

Порядок выбора режущего инструмента следующий:

- 1) исходя из типа и модели станка, расположения обрабатываемых поверхностей и метода обработки, определяем вид режущего инструмента;
- 2) исходя из марки обрабатываемого материала, его состояния и состояния поверхности, выбираем марку инструментального материала;
- 3) исходя из формы обрабатываемой поверхности, назначаем геометрические параметры режущей части;
- 4) исходя из размеров обрабатываемой поверхности, выбираем конструкцию инструмента и его типоразмер.

Выбранный режущий инструмент указан в таблице 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	ТТ20К9	Фрезы торцевые	Фрезы торцевые ГОСТ1695-80 Ø70
		Сверление центровых отверстий	P6M5	Сверло центровочное	Сверло центровочное А 6,3; ГОСТ14952-80
010	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	T5K10	Резец контурный	Резец контурный ГОСТ18879-73
015	Токарная с ЧПУ	Точение шеек, торцев	T15K10	Резец подрезной, резец канавочный, резец резьбовой	Резец подрезной ГОСТ18877-73, резец канавочный ГОСТ18877-73, резец резьбовой ГОСТ18877-73
020	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	P6M5	Фреза шпоночная	Фреза шпоночная Ø10 ГОСТ9308-69

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
025	Фрезерная	Фрезерование шпоночного паза	P6M5	Фреза шпоночная	Фреза шпоночная Ø10 ГОСТ9308-69
030	Зубофрезерная	Нарезание зубьев	P9M4K8- МП	Фреза червячная	Фреза червячная Ø112
035	Зубофасочная	Снятие фасок	Электро- корунд белый	Фреза червячная одновитковая	Фреза одновитковая Ø50 ГОСТ9324-80
040	Зубодолбежная	Нарезание зубьев	ТТ10К5	Долбяк дисковый	Долбяк дисковый Ø100 ГОСТ9323-79
045	Зубофасочная	Снятие фасок	Электро- корунд белый	Фреза червячная одновитковая	Фреза одновитковая Ø50 ГОСТ9324-80
050	Зубо- шевинговальная	Шевингование	P9Ф5	Шевер дисковый	Шевер дисковый А Ø180 ГОСТ8570-80
055	Зубошевинговаль- ная	Шевингование	P9Ф5	Шевер дисковый	Шевер дисковый А Ø180 ГОСТ8570-80
060	Термическая				

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
065	Шлифовальная	Шлифование центровых отверстий	Алмаз синтетический АГК	Головка шлифовальная	Головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ2447-82
070	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 1- 500x203x80 23A46M6V8 30м/с1А
075	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 5- 500x203x80 23A46M6V8 30м/с1А
080	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Электро- корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 5- 500x203x80 24A80M5V5



Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6
					30м/с1А
085	Шлифовальная	Шлифование шеек, торцев	Электро-корунд белый	Круг шлифовальный	Круг шлифовальный 5-500x203x80 24A80M5V5 30м/с1А
090	Притирочная	Притирка	Чугун	Притир чугунный	
095	Контрольная				
100	Моечная				

При выборе средств контроля будем руководствоваться рекомендациями [1, 11].

Выбранные средства контроля указаны в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Выбор средств контроля

№ операции	Контролируемый размер, мм	Квалитет точности	Мерительный инструмент
1	2	3	5
005	L=315,0	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
	Ø5	9	Калибр контроля центровочного отверстия
010	Ø41, Ø45, Ø84, Ø31, Ø64	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80
015	Ø30-84	10	Микрометр МК-50 ГОСТ6507-78
020	L=30, 8, 26	9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
025	L=30, 8, 22	9	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ160-80, калибр-пробка
030	Ø80	8ст	Прибор БВ-5061
035	0,5x45 <sup>0</sup>	14	Шаблон
040	Ø60	8ст	Прибор БВ-601
045	0,5x45 <sup>0</sup>	14	Шаблон
050	Ø80	7ст	Прибор БВ-5061
055	Ø60	7ст	Прибор БВ-5061
065	Ø5	9	Шаблон

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4
070	Ø40	8	Скоба рычажная
075	Ø40, Ø30	8	Скоба рычажная
080	Ø40	6	Скоба рычажная
085	Ø40, Ø30	6	Скоба рычажная
090	Ø60, Ø80	7ст	Прибор БВ-5061

### 2.7 Проектирование технологических операций

Согласно рекомендаций п 2.1 расчет режимов резания производится табличным методом [12].

Режимы резания определяются по следующей методике:

- 1) определяем глубину резания  $t$ ;
- 2) определяем диаметра обработки или инструмента  $D$ ;
- 3) определяем подачу  $S$ ;
- 4) по нормативам, с учетом диаметра и подачи, определяется скорость резания, которая также корректируется:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.22)$$

где  $V_T$  – табличное значение скорости резания;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2$  – коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

$K_3$  - коэффициент, зависящий от вида обработки (при точении); от размеров обработки (при фрезеровании); от отношения длины к диаметру (при сверлении).

- 5) определяем частоту вращения:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2.23)$$

Результат вычислений корректируется в соответствии с техническими характеристиками оборудования, принимается действительное значение частоты вращения шпинделя  $n_d$ .

б) определяем действительную скорость резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (2.24)$$

где  $n_d$  – действительная частота вращения.

7) определяем длину резания и длину рабочего хода инструмента:

$$L_{p.x} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (2.25)$$

где  $l_1$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$  – длина резания, мм;

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм.

8) определяем нормы времени:

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_0 \cdot n_d}; \quad (2.26)$$

9) определяем силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.27)$$

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

$$K_p = K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{rP}. \quad (2.28)$$

$$P_0 = C_p \cdot d^x \cdot S_0^y \cdot K_p, \quad (2.29)$$

где  $d$  – диаметр сверла, мм;

$S_0$  – подача на оборот, мм/об;

$C_p, x, y, K_p$  – коэффициенты, учитывающие конкретные факторы процесса резания.

Результаты вычислений сведены в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Режимы резания

Номер перехода	$S_0(S_z)$ мм/об(мм/зуб)	$V$ м/мин	$n$ об/мин	$L_{px}$ мм	$T_0$ мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005 – Фрезерно-центровальная					
	(0,1)	22	1000	60	0,6
Операция 010 – Токарная Утанов А					
1	0,4	85	500	125	0,625
Операция 010 – Токарная Утанов Б					
1	0,4	85	500	180	0,9
2	0,2	85	500	10	0,1
Операция 015– Токарная Утанов А					
1	0,15	160	1250	90	0,48
2	0,2	160	1250	6,6	0,03
Операция 015– Токарная Утанов Б					
1	0,15	160	1250	45	0,24

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6
2	0,2	160	1250	6,6	0,03
Операция 020 - Фрезерная					
1	(0,04)	16	630	38	0,3
Операция 025 - Фрезерная					
1	(0,04)	16	630	38	0,3
Операция 030 - Зубофрезерование					
1	2,5	40	250	28	1,4
Операция 035 - Зубофасочная					
1			600	28	0,3
Операция 040 - Зубодолбежная					
1	0,25 мм/дв. ход	23	380 дв. ход/мин	30	1,27
Операция 045 - Зубофасочная					
1			600	28	0,3
Операция 050 - Зубошевинговальная					
1	120	12	260	28	0,92
Операция 055 - Зубошевинговальная					
1	120	12	260	28	0,92
Операция 065 - Центрошлифовальная					
1	0,55 мм/мин	15		0,3	0,18
Операция 070 - Шлифовальная					
1	1,9 мм/мин	40	300	0,213	0,25
Операция 075 - Шлифовальная					
1	1,9 мм/мин	40	300	0,213	0,25

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6
2	1,9	40	300	0,6	0,46
Операция 080 - Шлифовальная					
1	0,5 мм/мин	40	300	0,08	0,3
Операция 085 - Шлифовальная					
1	0,5 мм/мин	40	300	0,08	0,3

### 3. Совершенствование операции с помощью научных исследований

#### 3.1 Цель исследований

Цель исследований – рассмотреть возможность повышения производительности зуборезных операций за счет применения обработки цилиндрических зубчатых венцов с переменной скоростью резания [13].

#### 3.2 Исследования обработки зубчатых венцов с переменной скоростью резания

На зуборезных станках обрабатывают колеса с постоянной скоростью резания, которая определяется материалом инструмента и видом обработки.

Производительность обработки зависит от подачи и скорости резания, влияние которых на процесс резания различно. Известно, что при увеличении подачи происходит увеличение составляющих сил резания и температуры в зоне резания, а увеличение скорости только к повышению температуры.

Поэтому при недостаточной жесткости системы СПИД для повышения производительности целесообразно увеличивать скорость резания, а не подачу. Однако следует учитывать, что увеличение скорости резания оказывает большее влияние на повышение температуры в зоне резания, чем увеличение подачи.

В процессе формирования впадины зуба методами врезания (копирования) и обкатки в широких пределах изменяется сечение срезаемых слоев, что существенно влияет на составляющие силы резания и температуру резания. Так при черновой обработке врезанием с постоянной скоростью и равномерной подачей по мере заглубления зубьев фрезы в заготовку составляющие силы резания интенсивно возрастают, а средняя температура резания, достигнув предельного значения, постепенно снижается. Первое обусловлено увеличением площади сечения срезаемых слоев, а второе – улучшением условий отвода тепла в резец и заготовку при увеличении активной длины режущей кромки.



Характер изменения температуры в зоне резания показывает, что оптимальная температура резания возможна только на коротком участке цикла обработки зуба. Для ее стабилизации нужно увеличивать подачу или скорость резания. Увеличение скорости резания приведет к уменьшению подачи (поскольку эти параметры взаимосвязаны). Сохранение постоянной подачи при увеличении скорости резания позволит сократить длительность цикла обработки зуба, то есть повысить производительность обработки.

Для стабилизации силы резания в течение рабочего хода необходимо обеспечить постоянную площадь сечения срезаемых слоев. При этом используется постоянная подача и переменная скорость резания изменяемая по закону:

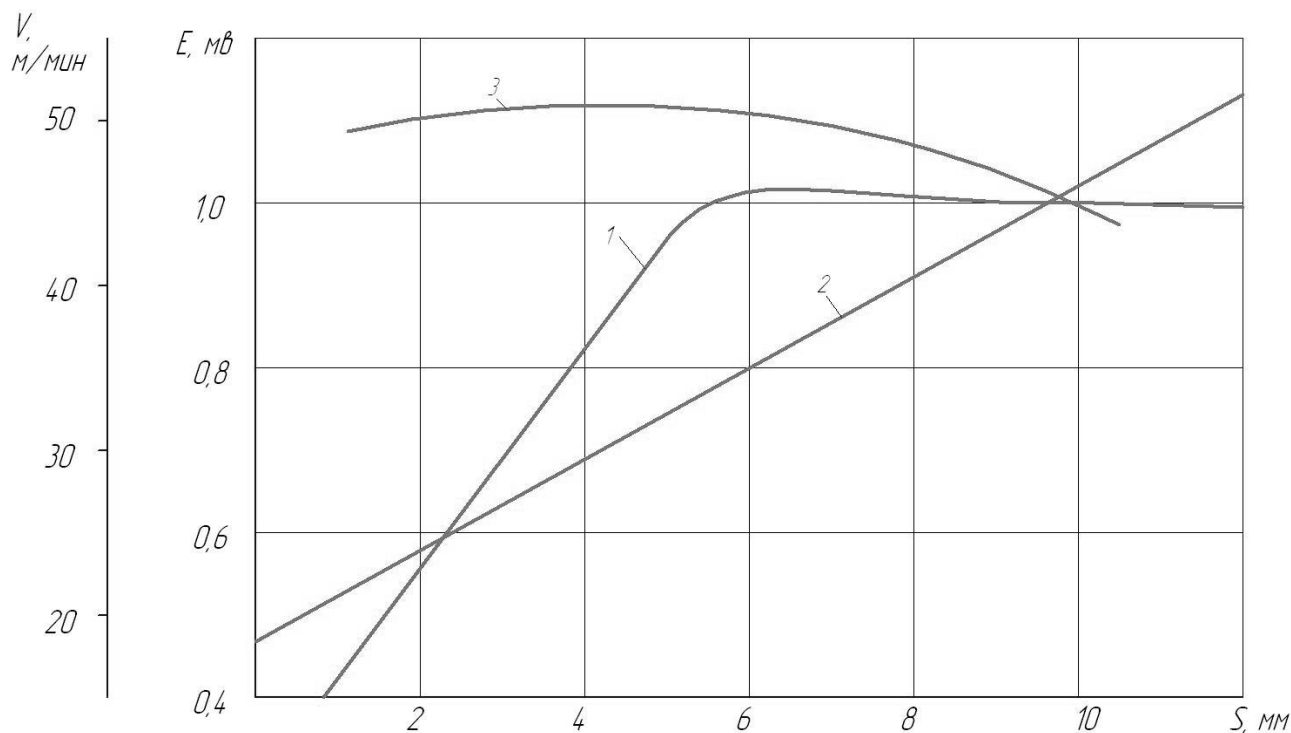
$$v = S_p v_{II} / S_F \quad (3.1)$$

где  $S_p$  и  $v_{II}$  - подача и скорость резания при обработке с равномерной подачей и постоянной скоростью резания;

$S_F$  - текущее значение подачи при обработке с постоянной скоростью резания и при постоянной площади сечения срезаемых слоев.

Из этого следует, что если  $S_p$  и  $S_F$  постоянны, то скорость резания возрастает линейно. При этом ожидаемого увеличения температуры в зоне резания не происходит из-за пропорционального уменьшения подачи, что подтверждается диаграммами, представленными на рис. 3.1, полученными при черновой обработке цилиндрического зубчатого венца из стали 30ХМА. Материал инструмента - быстрорежущая сталь Р9К10.

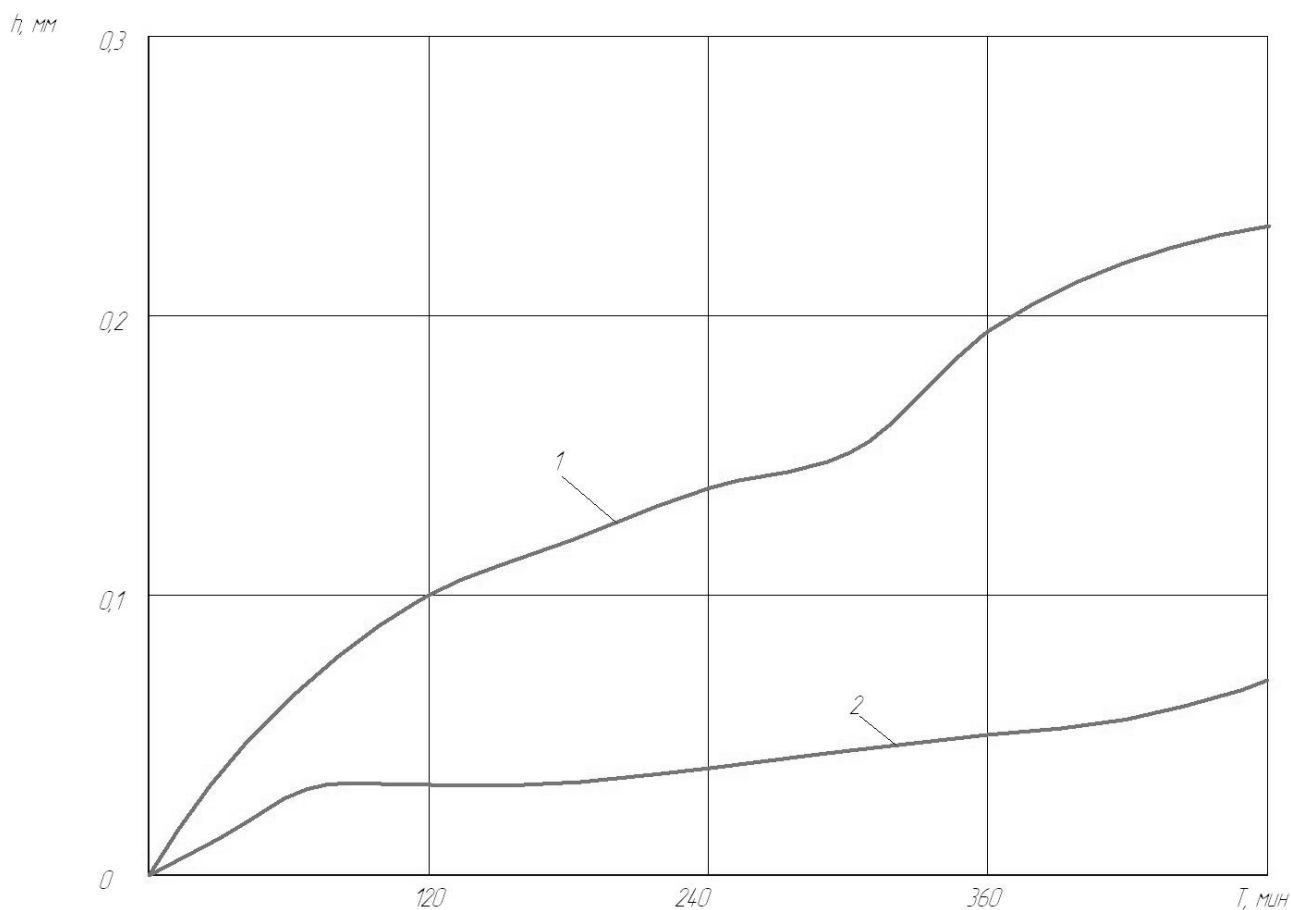
Диапазон изменения скорости резания при обработке с равномерной подачей и постоянной площадью сечения срезаемых слоев определяется отношением  $S_p / S_F$ , которое при формировании впадины зуба изменяется от 0,5 до 1,43. Следовательно, скорость резания в конце рабочего хода не превышает значений, допустимых для инструмента из данного материала.



- 1 - диаграммы изменения термо-ЭДС с термопарой сталь Р9К10-сталь 30ХМА;  
 2 - диаграммы изменения скорости; 3 - диаграммы изменения термо-ЭДС с искусственной хромель-копелевой термопарой

Рис. 3.1 - Диаграммы изменений в вершинной части зуба

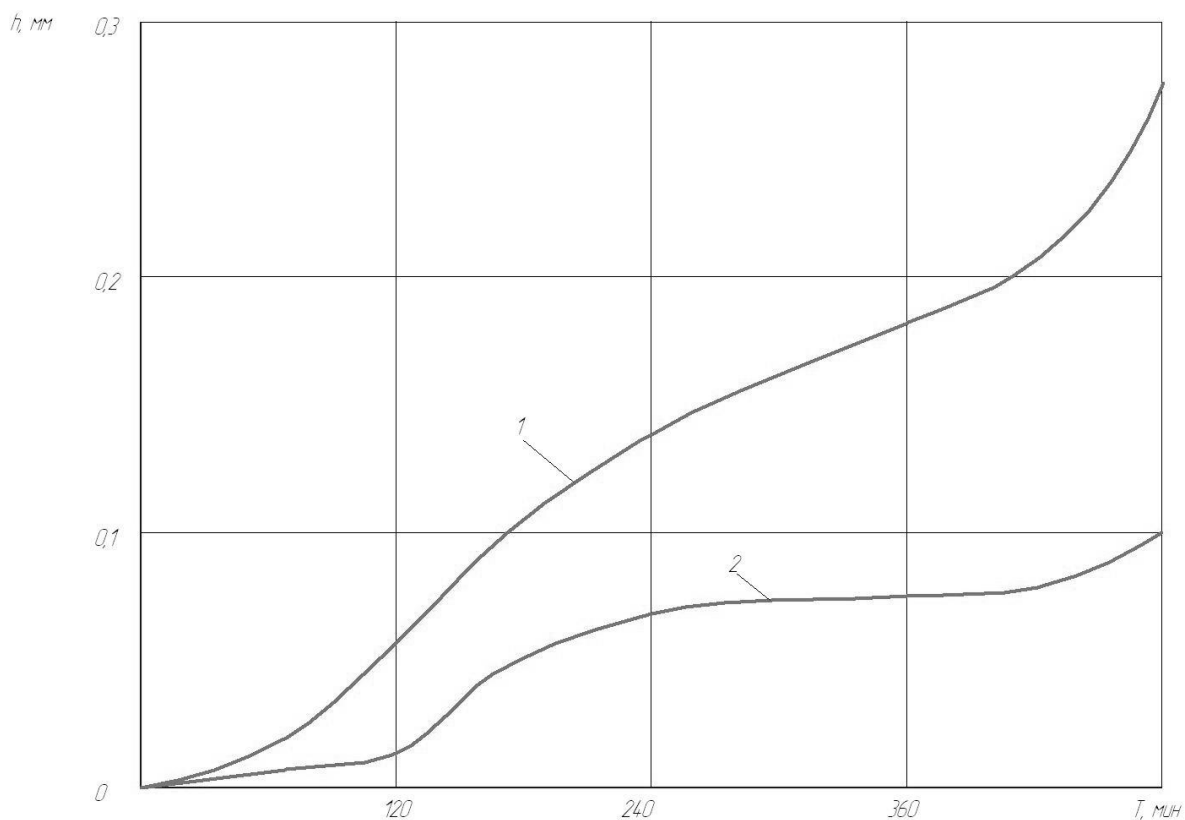
Предельные значения средней температуры в зоне резания при обработке с равномерной подачей и переменной скоростью резания, обеспечивающей постоянную площадь сечения срезаемых слоев, получили примерно в середине цикла. В этом случае и при обработке традиционным методом (с постоянной скоростью резания и равномерной подачей) подачи и скорости резания одинаковы, поэтому тепловой режим в зоне резания не изменился.



1 - износ по передней поверхности зубьев у вершины; 2 - износ по передней поверхности зубьев на расстоянии 6мм от вершины

Рис. 3.2 Износ по передней поверхности зубьев у вершины при обработке с равномерной подачей и переменной скоростью резания.

Износ  $h$  (в зависимости от времени  $T$ ) зубьев фрезы из быстрорежущей стали Р9К10 при черновой обработке врезанием с переменной скоростью резания, обеспечивающей при равномерной подаче постоянную площадь сечения срезаемых слоев показан на рисунке 3.2 и 3.3.



1 - износ по задней поверхности зубьев у вершины; 2 - износ по задней поверхности зубьев на расстоянии 6мм от вершины

Рис 3.3 Износ по задней поверхности зубьев при обработке с равномерной подачей и переменной скоростью резания.

### 3.3 Выводы по результатам научных исследований

Проведенные исследования свидетельствуют о наличии резерва повышения производительности при обработке с переменной скоростью резания и равномерной подачей. Так в условиях сравнительных стойкостных испытаний достигнуто повышение производительности примерно на 25%. Еще более эффективной будет обработка зубчатых венцов, у которых по конструктивным или технологическим причинам не обеспечивается высокая жесткость закрепления на зуборезном станке.

## 4 Проектирование приспособления

### 4.1 Исходные данные

На операции 010 токарной выполняется точение наружных шеек и торцов по 10 квалитету точности. Для обеспечения принятой схемы базирования и надежного закрепления детали на операции необходимо разработать соответствующее приспособление. проектирование выполняем согласно рекомендаций [14, 15, 16].

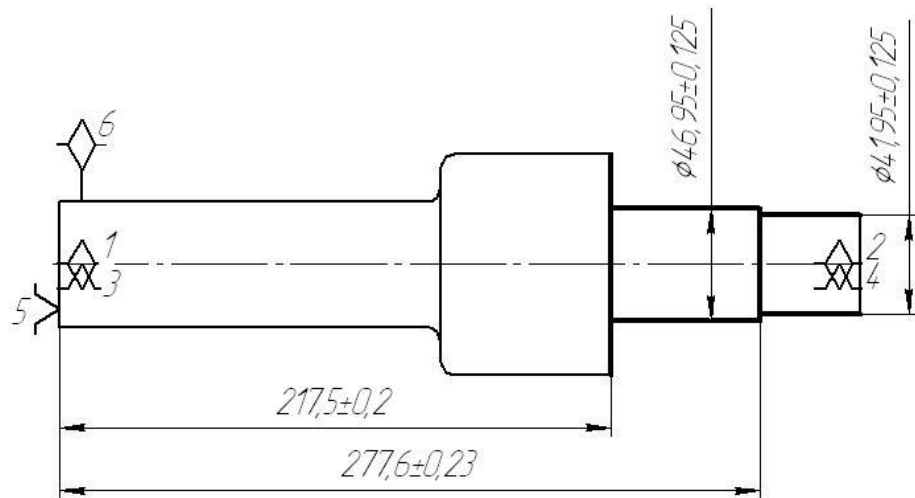


Рис. 4.1 - Операционный эскиз.

Заготовка – штамповка из стали 30ХМА,  $\sigma_B = 950$  МПа.

Режущий инструмент – резец токарный Т5К10.

Режимы резания: глубина обработки  $t = 2,2$  мм, подача  $S = 0,2$  мм/об,

$V = 160$  м/мин,  $n = 1250$  об/мин.

Металлорежущий станок модели САМАТ 400 ХС.

### 4.2 Расчет сил резания

Силы резания определяется по формуле [7]:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p \quad (4.1)$$

где  $K_p$  - коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 2,2^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 160^{-0,3} \cdot 0,9 = 547 \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,2^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 160^{-0,15} \cdot 0,9 = 1237 \text{ Н.}$$

### 4.3 Расчет усилия зажима

Усилие зажима рассчитывается исходя из схемы закрепления заготовки.

Составим схему закрепления (рисунок 4.2).

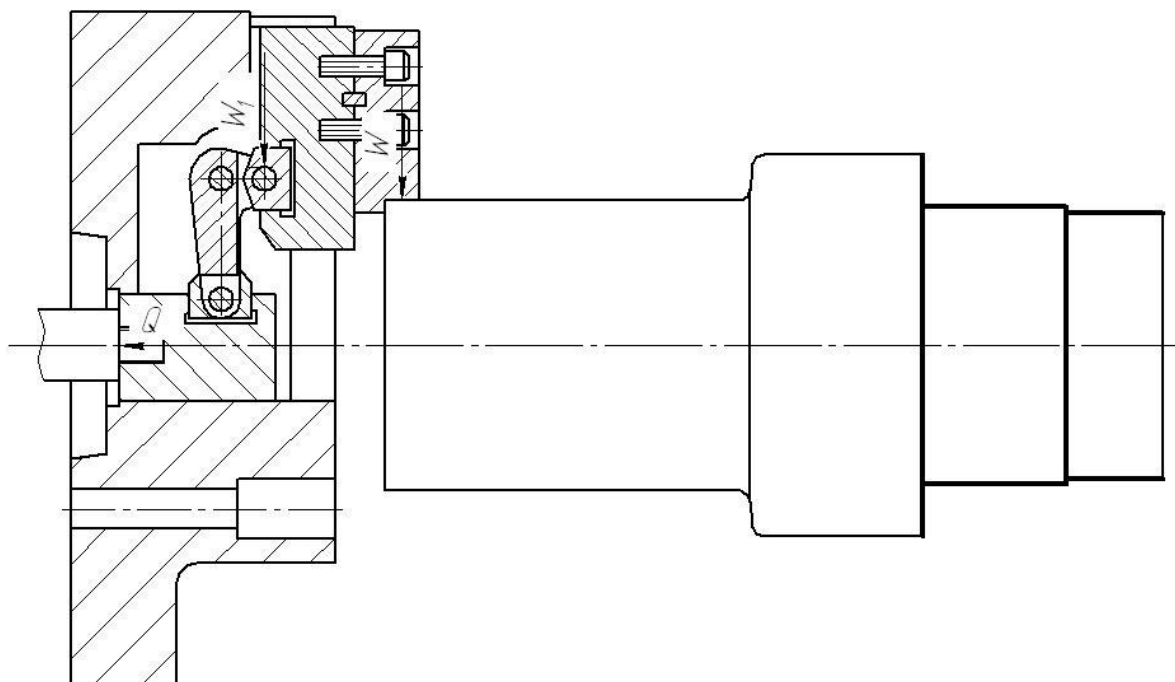


Рисунок 4.2 - Схема закрепления заготовки

Исходя из представленной схемы крутящий момент, от касательной составляющей силы резания, стремящийся повернуть заготовку в кулачках равен:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d_1}{2} \quad (4.2)$$

Момент от силы зажима, препятствующий повороту заготовки определяется:

$$M_3 = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2} \quad (4.3)$$

где  $W$  - суммарное усилие зажима приходящееся на 3 кулачка,  
 $f$  - коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

Из равенства моментов определим необходимое усилие зажима.

$$W = \frac{2K \cdot M_p}{f \cdot d_2} = \frac{2K \cdot P_z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \quad (4.4)$$

Значение коэффициента запаса  $K$ , в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, определяется по формуле.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (4.5)$$

где  $K_0$  - гарантированный коэффициент запаса;

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

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

$K_3$  - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4$  - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом;

$K_5$  - характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма;

$K_6$  - вводится в расчёт только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры-штыри.

Коэффициент трения между заготовкой и сменным кулачком зависит от состояния его рабочей поверхности. В нашем случае получим:

$$W = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 1237 \cdot 130}{0,3 \cdot 50} = 38594 \text{ Н.}$$

Сила  $P_y$  создает момент относительно оси равный:

$$M_p = P_Y \cdot l \quad (4.6)$$

Данному моменту препятствует момент от силы зажима равный:

$$M_3 = \frac{2}{3} \cdot W \cdot f \cdot d_2 \quad (4.7)$$

Тогда сила зажима равна:

$$W = \frac{1,5 \cdot K \cdot P_Y \cdot l}{f \cdot d_2} = \frac{1,5 \cdot 2,52 \cdot 547 \cdot 85}{0,3 \cdot 50} = 1171 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай  $W = 38594 \text{ Н.}$

Величина усилия зажима  $W_1$  прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием  $W$  и рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{l_k}{H_k}\right) \cdot f_1\right)} \quad (4.8)$$

где  $l_k$  - вылет кулачка, расстояние от середины рабочей поверхности сменного кулачка до середины направляющей постоянного кулачка;

$H_k$  - длина направляющей постоянного кулачка;

$f$  - коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса.

Значения  $l_k$  и  $H_k$  для расчётов принимаются на основе анализа ранее разработанных конструкций.

Получим:

$$W_1 = \frac{38594}{\left(1 - \left(3 \cdot \frac{62}{80}\right) \cdot 0,1\right)} = 70171 \text{ Н.}$$

#### 4.4 Расчёт зажимного механизма и силового привода

Расчёт зажимного механизма заключается в определении усилия  $Q$ ,



создаваемого силовым приводом равного:

$$Q = \frac{W_1}{i_c} \quad (4.9)$$

где  $i_c$  - передаточное отношение по силе зажимного механизма.

Для рычажного зажимного механизма:

$$i = \frac{A}{B} \quad (4.10)$$

где  $A$  и  $B$  - плечи рычага.

Тогда получим:

$$Q = \frac{70171}{2,5} = 28069 \text{ Н.}$$

Для создания исходного усилия  $Q$  используется силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя. Сначала попытаемся применить пневматический привод. Диаметр поршня определяется по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (4.11)$$

где  $P$  - избыточное давление воздуха.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{28069}{0,4}} = 300 \text{ мм.}$$

Конструкция станка позволяет встроить силовой привод с диаметром поршня не более 120 мм., поэтому следует применять гидравлический привод, чтобы диаметр поршня не превышал 120 мм.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{28069}{5,0}} = 90 \text{ мм.}$$

#### 4.5 Расчёт точности приспособления

Данный раздел выполняется после разработки конструкции патрона и простановки размеров.

Погрешность установки определяется по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ПР}^2}, \quad (4.12)$$

где  $\varepsilon_B$  - погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления - это смещение измерительной базы под действием сил зажима;

$\varepsilon_{ПР}$ , - погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

На рисунке 4.3 представлена размерная схема патрона с рычажным зажимным механизмом.

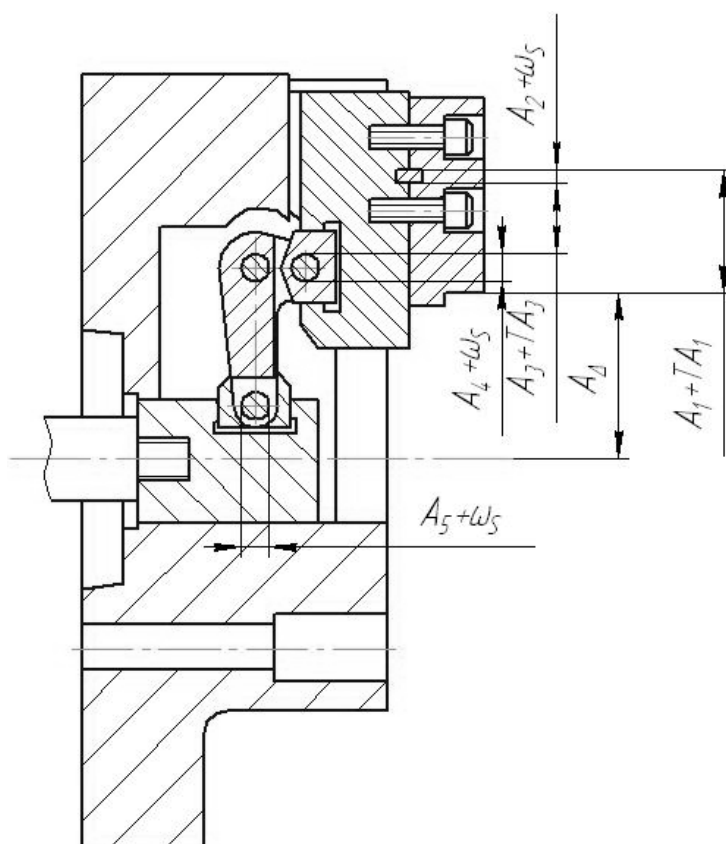


Рисунок 4.3 - Размерная схема патрона с рычажным зажимным механизмом

$$\varepsilon_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = 0,5\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (4.13)$$

где  $\omega_{A\Delta}$  - колебания замыкающего размера  $A_\Delta$ ,

$\Delta_1, \Delta_3$  - погрешности, возникающие вследствие не точности изготовления размеров  $A_1$  и  $A_3$ ;

$\Delta_2, \Delta_4, \Delta_5$  - погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях.

Погрешность установки для чистовой обработки не должна превышать величин:

$$\varepsilon_y^{ДОП} = 0,3 \cdot Td \quad (4.14)$$

где  $Td$  - технологический допуск на операционный размер.

При расчётах в начале точность составляющих размерной цепи задавать по 7 качеству.

$$\varepsilon_y = 0,5\sqrt{0,025^2 + 0,015^2 + 0,018^2 + 0,015^2 + 0,015^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y^{ДОП} = 0,3 \cdot 0,084 = 0,026 \text{ мм.}$$

Условие  $\varepsilon_y^{ДОП} \geq \varepsilon_y$  выполняется.

#### 4.6 Описание конструкции приспособления

Приспособление содержит патрон и силовой привод. Патрон содержит корпус 1, в котором установлен рычажный зажимной механизм, состоящий из рычагов 8 установленных на осях 12. Один конец рычагов закреплен с втулкой 10, а другой с постоянными кулачками 9, на которых установлены сменные кулачки 4. К выходному концу шпинделя патрон крепится винтами 22.

Силовой привод содержит: вращающийся корпус 3, с крышкой 5, который жестко закреплен на заднем конце шпинделя. В полости корпуса расположены поршень 7 и шток 11. На выступе задней крышки смонтирована муфта 2 для подвода воздуха, которая включает: корпус 2, подшипники 19,

уплотнения 17.

Приспособление работает следующим образом: при подаче масла в правую полость поршень со штоком и плунжером перемещается справа налево, в результате чего через подвижную оправку происходит закрепление заготовки. При подаче масла в левую полость система возвращается в исходное положение и происходит раскрепление заготовки.

## 5 Проектирование режущего инструмента

Расчет режущего инструмента будем производить на операцию зубофрезерную, т.к. данная операция является наиболее ответственной при формировании зубчатого венца, а, следовательно, от нее зависят будущие эксплуатационные характеристики детали.

Проведем расчет основных конструктивных элементов архимедовой червячной фрезы.

Расчет будем производить по методике изложенной в [17, 18].

### 5.1 Определение размеров фрезы по нормали

Расчетный профильный угол исходной рейки в нормальном сечении  $\alpha_u = \alpha_o = 20^\circ$ .

Модуль нормальный  $m_u = m = 3$  мм.

Шаг по нормали:

$$t_u = \pi \cdot m_u \quad (5.1)$$

Тогда:

$$t_u = \pi \cdot 3 = 9,425 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина зуба по нормали:

$$S_u = t_u - S_{o1} + \Delta S \quad (5.2)$$

где  $S_{o1}$  - толщина зуба по нормали на делительной окружности;

$\Delta S$  - величина припуска под последующую обработку.

$$S_u = 9,425 - 4,575 = 4,85$$

Расчетная высота головки зуба фрезы:

$$h'_u = h^{\parallel} = h - h^{\perp} \quad (5.3)$$

Тогда:

$$h'_u = h'' = 6,6 - 2,85 = 3,75 \text{ мм.}$$

Высота зуба фрезы:

$$h_u = h - 0,3 \cdot m \quad (5.4)$$

$$h_u = 6,6 - 0,3 \cdot 3 = 7,5 \text{ мм.}$$

Радиус закругления на головке и ножке зуба:

$$r_1 = r_2 \approx (0,25 \dots 0,3) \cdot m \quad (5.5)$$

$$r_1 = r_2 \approx (0,25 \dots 0,3) \cdot 3 = 0,75 \dots 0,9 \text{ мм.}$$

Примем  $r_1 = r_2 = 0,9$  мм.

## 5.2 Определение конструктивных размеров фрезы

Наружный диаметр фрезы принимаем по ГОСТ9324-60. Принимаем  $D_{ei} = 112$  мм.

Число зубьев фрезы определим по формуле:

$$z_u = 1,3 \cdot \frac{360}{\varphi} \quad (5.7)$$

$$\cos \varphi = \frac{D_{eu} - 2 \cdot h_u}{D_{ei}} \quad (5.8)$$

Получим:

$$\cos \varphi = \frac{112 - 2 \cdot 7,5}{112} = 0,866$$

$$z_u = 1,3 \cdot \frac{360}{29^\circ 59' 41''} = 15,6$$

Принимаем  $z_u = 15$ .

Падение затылка принимаем  $K=4$  мм.

Диаметр начальной окружности для фрез со шлифованным профилем определим по формуле:

$$d_{ou} = D_{eu} - 2 \cdot h'_u - 0,1 \cdot K \quad (5.9)$$

Тогда:

$$d_{ou} = 112 - 2 \cdot 3,75 - 0,1 \cdot 4 = 104,1 \text{ мм.}$$

Угол подъема витков фрезы на начальной окружности :

$$\sin \omega = \frac{m_u \cdot a}{d_{ou}} \quad (5.10)$$

где  $a$  – число заходов фрезы;

Тогда:

$$\sin \omega = \frac{3 \cdot 1}{104,1} = 0,0288 .$$

Шаг по оси между двумя витками определим по формуле:

$$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega} \quad (5.11)$$

$$t_{oc} = \frac{9,425}{\cos 1^\circ 39' 05''} = 9,429 \text{ мм.}$$

Ход витков по оси фрезы определим по формуле:

$$t_x = t_{oc} \cdot a \quad (5.12)$$

Тогда:

$$t_x = 9,429 \cdot 1 = 9,429 \text{ мм.}$$

Направление витков фрезы – правое.

Направление винтовых стружечных канавок при  $\omega < 4^\circ$  канавки могут выполняться с осевыми и винтовыми канавками, в нашем случае канавки винтовые.

Осовой шаг винтовой стружечной канавки определим по формуле:

$$T = t_{oc} \cdot ctg^2 \omega \quad (5.13)$$

Тогда:

$$T = 9,429 \cdot ctg^2 1^\circ 39' 05'' = 839,424$$

Угол установки фрезы на станке определим по формуле:

$$\psi = \beta_o \pm \omega \quad (5.14)$$

Тогда:

$$\psi = 1^\circ 39' 05''$$

Расчетные профильные углы фрез:

в нормальном сечении:  $\alpha_{лев} = \alpha_{прав} = \alpha_u = 20^\circ$ ;

в осевом сечении:

$$tg \alpha_{oc} = \frac{tg \alpha_u}{\cos \omega} \quad (5.15)$$

$$tg \alpha_{oc} = \frac{tg 20^\circ}{\cos 1^\circ 39' 05''} = 0,364121$$

Разность в углах  $\alpha_{oc}$  и  $\alpha_u$  меньше  $10''$ , то примем  $\alpha_{oc} = \alpha_u = 20^\circ$ .

В осевом сечении архимедовой фрезы при винтовых стружечных канавках:

$$ctg \alpha = ctg \alpha_{oc} \pm \frac{K \cdot z_u}{T} \quad (5.16)$$



$$\operatorname{ctg} \alpha_{np} = \operatorname{ctg} 20^{\circ} - \frac{4 \cdot 15}{839,424} = 2,675999$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{лев} = \operatorname{ctg} 20^{\circ} + \frac{4 \cdot 15}{839,424} = 2,818955$$

$$\alpha_{np} = 20^{\circ} 29' 25''$$

$$\alpha_{лев} = 19^{\circ} 31' 54''$$

### 5.3 Проверочный расчет

Определим толщину зуба фрезы, требуемую для обеспечения заданной толщины зуба колеса  $S_{\partial 1} = 4,575$  мм на делительной окружности по формуле:

$$S_{u1} = t_u - S_{\partial 1} \quad (5.17)$$

Тогда:

$$S_{u1} = 9,425 - 4,455 = 4,27 \text{ мм.}$$

Если найденная толщина  $S_{u1}$  не совпадает с чертежной толщиной зуба фрезы  $S_u$ , то определяем высоту головки зуба фрезы при найденной толщине  $S_{u1}$  по формуле:

$$h'_{u1} = h'_u - \frac{S_u + S_{u1}}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_u} \quad (5.18)$$

Тогда:

$$h'_{u1} = 3,756 - \frac{4,85 + 4,27}{2 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ}} = 4,55 \text{ мм.}$$

При найденной таким образом высоте головки находим фактически получающийся диаметр  $d_{i\phi}$  окружности ножек по формуле (5.19), который сравниваем с чертежными размерами диаметра  $d_{i1}$  окружности ножек:

$$d_{i\phi} = d_{\partial 1} - 2 \cdot h'_{u1} \quad (5.19)$$

Получим:

$$d_{i\phi} = 69 - 2 \cdot 4,55 = 59,9 \text{ мм.}$$

Условие проверки  $d_{i\phi} \leq d_{i1}$  ( $59,9 \leq 60,5$ ). Степень возможного уменьшения  $d_{i\phi}$  против чертежного  $d_{i1}$  в каждом конкретном случае согласовывается с конструктором зубчатой передачи; обычно допускается уменьшение  $d_{i1}$  на  $0,1 \dots 0,2 \cdot m$ .

По результатам расчета видно, что  $d_{i\phi}$  меньше  $d_{i1}$  на величину  $0,2 \cdot m = 0,6 \text{ мм.}$

## 6 Проектирование производственного участка

### 6.1 Исходные данные

В качестве исходных данных для проектирования участка нам понадобятся:

- 1) тип производства – среднесерийное;
- 2) годовая программа выпуска – 4000 деталей в год;
- 3) режим работы участка – двухсменный;

Техпроцесс изготовления детали представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Техпроцесс изготовления вала-шестерни

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 16Б16Т1	1,625	1,92
015 Токарная	Токарно-винторезный 16Б16Т1	0,78	0,92
020 Фрезерная	Горизонтальный шпоночно-фрезерный 692 Р	0,3	0,45
025 Фрезерная	Горизонтальный шпоночно-фрезерный 692 Р	0,3	0,45
030 Зубофрезерная	Вертикальный зубофрезерный 53А20	1,4	1,72
035 Зубофасочная	Зубофасочный ВС-320А	0,3	0,45
040 Зубодолбежная	Зубодолбежный 5А122В	1,27	1,58
045 Зубофасочная	Зубофасочный ВС-320А	0,3	0,45

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
050 Зубошевинговая льная	Зубошевинговальный 5702В	0,92	1,19
055 Зубошевинговая льная	Зубошевинговальный 5702В	0,92	1,19
060 Термическая			
065 Центрошлифов альная	Центрошлифовальный 3922	0,18	0,31
070 Шлифовальная	Торце кругло-шлифовальный п/а 3Т160	0,25	0,45
075 Шлифовальная	Торце кругло-шлифовальный п/а 3Т160	0,71	0,94
080 Шлифовальная	Торце кругло-шлифовальный п/а 3Т160	0,3	0,45
085 Шлифовальная	Торце кругло-шлифовальный п/а 3Т160	0,3	0,45
090 Притирочная	Притирочный 5П722	1,3	1,6
095 Моечная	Камерная моечная машина	0,6	0,9
100 Контрольная		0,5	0,85

## 6.2 Расчет необходимого оборудования

Необходимое количество оборудования определяется по формуле:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{д.о.}}{N}, \quad (6.1)$$

где  $F_{д.о.}$  - действительный фонд времени работы оборудования, час;

$N$  – производственная программа, шт.

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015}{4800} = 48,18 \text{ мин.}$$

Определим количество станков:

$$C_{расч} = \frac{t_{шт}}{\tau} \quad (6.2)$$

Результаты расчетов оформим в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 - Число единиц основного оборудования

Номер операции	$T_{шт}$	$S_{расч}$	$S_{пр}$
1	2	3	4
005	0,8	0,016	1
010	1,92	0,039	1
015	0,92	0,017	1
020	0,45	0,01	1
025	0,45	0,01	1
030	1,72	0,036	1
035	0,45	0,01	1
040	1,58	0,03	1
045	0,45	0,01	1
050	1,19	0,026	1
055	1,19	0,026	1
060			
065	0,31	0,01	1

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
070	0,45	0,01	1
075	0,94	0,02	1
080	0,45	0,01	1
085	0,45	0,01	1
090	1,6	0,03	1
095	0,9	0,018	1
100	0,85	0,017	1

Общее число станков  $S_{\text{общ}} = 19$  шт.

Число единиц вспомогательного оборудования [19]: в заточном отделении – 1 шт.; в отделение ремонта технологической оснастки – 1 шт.

Коэффициент загрузки каждого станка определяется:

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

Таблица 6.3 - Расчет коэффициента загрузки

Номер операции	$S_{\text{расч.}}$	$K_3$
1	2	3
005	0,016	0,016
010	0,039	0,039
015	0,017	0,017
020	0,01	0,01
025	0,01	0,01
030	0,036	0,036
035	0,01	0,01
040	0,03	0,03

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3
045	0,01	0,01
050	0,026	0,026
055	0,026	0,026
060		
065	0,01	0,01
070	0,01	0,01
075	0,02	0,02
080	0,01	0,01
085	0,01	0,01
090	0,03	0,03
095	0,018	0,018
100	0,017	0,017

Средний коэффициент загрузки:

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

$$K_{зсп} = 0,02 .$$

Загрузка оборудования до нормальной величины  $K_z \approx 0,85$ , 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;

$\Phi_{\partial}$  – действительный годовой фонд времени работы рабочего;

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

Таким образом, количество производственных рабочих по операциям

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

$$P_{см.}^{\Sigma} = 2 \cdot 19 = 38 \text{ чел.}$$

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

$$P_{в} = 0,25 P_{см.}^{\Sigma} \quad (12.6)$$

$$P_{в} = 0,25 \cdot 38 = 9,5, \text{ принимаем } 10 \text{ чел.}$$

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

$$P_{МОП} = 0,03 (P_{см.}^{\Sigma} + P_{в}) \quad (12.7)$$

$$P_{МОП} = 0,03(38 + 10) = 1,44, \text{ принимаем } 1,5 \text{ чел.}$$

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

Определим средний разряд рабочих:

$$Разр_{ср} = \frac{9 \cdot 3 + 29 \cdot 5}{38} = 4,52.$$

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

#### 6.4 Определение площади участка

Производственную площадь цеха определяем по удельной площади:



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

$$S_{\text{пр}} = 25 \cdot 19 = 475 \text{ м}^2.$$

Размеры вспомогательной площади участка определим, исходя из норм для расчета площадей вспомогательных служб [17].

- 1) помещение ОТК (5% от станочной площади) - 24 м<sup>2</sup>
- 2) склад вспомогательных материалов (0,2 м<sup>2</sup> на один станок) – 3,6 м<sup>2</sup>
- 3) склад материалов и заготовок (10% от станочной площади) – 47,5 м<sup>2</sup>
- 4) площадь для хранения стружки: 2 м<sup>2</sup>
- 5) заточное отделение (10 м<sup>2</sup> на один заточный станок) – 10 м<sup>2</sup>
- 6) мастерская по ремонту инструмента и оснастки – 10 м<sup>2</sup>
- 7) инструментальная кладовая (0,5 м<sup>2</sup> на один станок) – 9,5 м<sup>2</sup>
- 8) кладовая приспособлений (0,2 м<sup>2</sup> на один станок) – 3,8 м<sup>2</sup>

Общая площадь участка определяется по формуле:

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

$$S_{\text{общ}} = 475 + 109,4 = 584,4 \text{ м}^2.$$

### 6.5 Компоновка участка

Компоновка механического участка выполняется по рекомендациям [20].

Последовательность построения компоновки:

- 1) наносится сетка колонн и колонны;
- 2) размечаются проезды и проходы;
- 3) размещается технологическое оборудование в соответствии с нормами технологического проектирования и типом производства;
- 4) указываются рабочие места;
- 5) размещается вспомогательное оборудование и т.п.;
- 6) указываются места подвода различного вида энергии;
- 7) указываются места отдыха и мастера.

Компоновка рассматриваемого участка 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 САМАТ 400 ХС	Сталь 30ХМА, СОЖ
2	Фрезерование	Фрезерная операция	Фрезеровщик	Фрезерно-центровальный п/а МР-78 Вертикально-фрезерный 6Т13	Сталь 30ХМА, СОЖ
3	Зубонарезание	Зубофрезерная	Зуборезчик	Зубофрезерный 53А20	Сталь 30ХМА, СОЖ
4	Зубонарезание	Зубодолбежная	Зуборезчик	Зубодолбежный 5А122В	Сталь 30ХМА, СОЖ

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6
5	Шевингование	Шевинговальная	Зуборезчик	Зубошевинговальный 5702В	Сталь 30ХМА, СОЖ
6	Шлифование	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Торцекруглошлифовальный п/а 3Т160	Сталь 30ХМА, СОЖ

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	Токарно-винторезный САМАТ 400 ХС

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>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>	
2	Фрезерная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура</p>	<p>Фрезерно- центровальный п/а МР- 78 Вертикально- фрезерный 6Т13</p>

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>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>	
3	<p>Зубофрезерная  операция</p>	<p>Движущиеся машины  и механизмы;  подвижные части  производственного  оборудования;  передвигающиеся  изделия, заготовки;  повышенная  температура</p>	<p>Зубофрезерный 53А20</p>

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>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>	
4	<p>Зубодолбежная                      операция</p>	<p>Движущиеся машины                      и механизмы;                      подвижные части                      производственного                      оборудования;                      передвигающиеся                      изделия, заготовки;                      повышенная                      температура</p>	<p>Зубодолбежный 5A122В</p>

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>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>	
5	Шевинговальная операция	<p>Движущиеся машины                      и механизмы;                      подвижные части                      производственного                      оборудования;                      передвигающиеся                      изделия, заготовки;                      повышенная                      температура</p>	Зубошевинговальный 5702В



Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>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>	
6	Шлифовальная операция	<p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки; повышенная температура</p>	<p>Торцевкругло- шлифовальный п/а ЗТ160</p>

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4
		<p>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	Обучение персонала; 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	Обучение персонала, проведение инструктажей, соблюдение правил безопасности выполнения работ, применение ограничительных	Каска защитная, очки защитные

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		<p>устройств, применение предохранительных устройств, применение тормозных устройств, применение устройств автоматического контроля и сигнализации, применение устройств дистанционного управления, применение знаков безопасности.</p>	
3	<p>Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов</p>	<p>Обучение персонала, проведение инструктажей, соблюдение правил безопасности выполнения работ, ограждение оборудования.</p>	<p>Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием</p>
4	<p>Повышенный уровень шума на рабочем месте</p>	<p>Обучение персонала, проведение соблюдение правил безопасности выполнения работ,</p>	<p>Наушники противошумные,</p>

Продолжение таблицы 7.3

1	2	3	4
		инструктажей, применение звукоизоляции, звукопоглощения и глушителей	вкладыши противошумные
5	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Обучение персонала, проведение инструктажей, соблюдение правил безопасности выполнения работ, применение систем защитного заземления, применение систем защитного отключения, применение знаков безопасности и предупредительных плакатов.	Деревянный трап, резиновый коврик; спец.одежда, обувь, головные уборы.
6	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Обучение персонала, проведение инструктажей, соблюдение правил безопасности выполнения работ.	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием
7	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 изготовления вала-шестерни	Токарно-винторезный САМАТ 400 ХС Фрезерно-центровальный п/а МР-78 Вертикально-фрезерный 6Т13 Зубофрезерный 53А20 Зубодолбежный 5А122В Зубошевировальный 5702В	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования; вынос

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6
		Торце- кругло- шлифоваль- ный п/а ЗТ160		концентра- ция кислорода; снижение видимости в дыму.	(замыкание) высокого электричес- кого напряжения на токопроводя щие части технологи- ческих установок, оборудова- ния.

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
Пожарные краны, ящики с песком, пожарные щиты, огнетушители	Пожарные автомобили, пожарные лестницы	Оборудование для пенного пожаротушения	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения	Пожарные шкафы пожарные гидранты, пожарные краны, пожарные рукава пожарные стволы	Противогазы, респираторы, изолирующие дыхательные аппараты, огнестойкие накидки	Пожарный топор, пожарный багор, пожарный лом, пожарный крюк, комплект универсального инструмента	Автоматическая пожарная сигнализация



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
Токарная операция, Токарно-винторезный САМАТ 400 ХС; Фрезерная операция, Фрезерно-центровальный МР-78; Вертикально-фрезерный 6Т13; Зубофрезерная операция, Зубофрезерный 53А20; Зубодолбежная операция, Зубодолбежный 5А122В; Зубошевинговальная операция, Зубошевинговальный 5702В; Шлифовальная операция, Торцекруглошлифовальный 3Т160	Проведение инструктажей по пожарной безопасности, содержание в исправном состоянии оборудования, контроль за правильной эксплуатацией оборудования, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров	Запрет на применение открытого огня в недозволённых местах, соблюдение требований инструкций по пожарной безопасности, наличие первичных средств пожаротушения, наличие пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре

7.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

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.	Воздействие 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 САМАТ 400 ХС	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Фрезерная операция	Фрезерно-центровальный п/а МР-78	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродук-	Стружка, металлический лом, ветошь

Продолжение таблицы 7.7

1	2	3	4	5
	Вертикально-фрезерный 6Т13		ты, СОЖ	
Зубо-фрезерная операция	Зубофрезерный 53А20	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Зубо-долбежная операция	Зубодолбежный 5А122В	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Шевинговальная операция	Зубошевинговальный 5702В	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь
Шлифовальная операция	Торцекруглошлифовальный 3Т160	Пары СОЖ	Механические примеси, нефтепродукты, СОЖ	Стружка, металлический лом, ветошь

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

Наименование технического объекта	Токарная операция, Фрезерная операция, Зубофрезерная операция, Зубодолбежная операция, Шевинговальная операция, Шлифовальная операция
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Применение центробежного фильтра
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение механических фильтров, отстойников для очистки от механических примесей; применение физико-химической очистки от нефтепродуктов; применение электро-химической очистки от СОЖ; контроль состава сточных вод.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Повторная переработка стружки и лома, сжигание ветоши на специальных перерабатывающих заводах

#### 7.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления вала-

шестерни, перечислены технологические операции, должности работников, оборудование и применяемые материалы.

Проведена идентификация опасных и вредных факторов технологического процесса изготовления вала-шестерни по всем 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 – 5000 шт. Материал детали – сталь 30ХМА ГОСТ 4543-71. Метод получения заготовки – штамповка на ГКМ. Масса детали – 4,5 кг., масса заготовки – 6 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 010.</u> На токарно-винторезном станке, модель SAMAT 400 ХС выполняется точение детали. <i>Инструмент</i> – резец Т5К10. <i>Приспособление</i> – патрон с ручным зажимом.	<u>Операция 010.</u> На токарно-винторезном станке, модель SAMAT 400 ХС выполняется точение детали. <i>Инструмент</i> – резец Т5К10. <i>Приспособление</i> – патрон специальный, механизированный.
<u>Операция 015.</u> На токарно-винторезном станке, модель SAMAT 400 ХС выполняется точение детали. <i>Инструмент</i> – резец Т5К10. <i>Приспособление</i> – патрон с ручным зажимом.	<u>Операция 015.</u> На токарно-винторезном станке, модель SAMAT 400 ХС выполняется точение детали. <i>Инструмент</i> – резец Т5К10. <i>Приспособление</i> – патрон специальный, механизированный.
<u>Операция 030.</u> На зубофрезерном станке, модель 53А20 выполняется	<u>Операция 030.</u> На зубофрезерном станке, модель 53А20 выполняется

Продолжение таблицы 8.1

1	2
<p>нарезание зубьев. <i>Инструмент</i> – фреза червячная Р6М5, стойкость инструмента <math>T = 120</math> мин. <i>Приспособление</i> – центр вращающийся, настольный пневматический патрон. Режимы назначены по справочнику.</p>	<p>нарезание зубьев. <i>Инструмент</i> – фреза червячная Р9К10 с напылением карбонитридатитана, стойкость инструмента <math>T = 240</math> мин. <i>Приспособление</i> – центр вращающийся, настольный пневматический патрон.</p>
<p>Тип производства – среднесерийный                      Условия труда – нормальные.                      Форма оплата труда – повременно-премиальная</p>	

Необходимые исходные данные пооборудованию, 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>	5000	5000
2	Норма штучного времени на операцию	$T_{шт}$	<i>мин</i>	2,41	1,92
				1,36	163
				2,3	1,72
	В т.ч. машинное время	$T_{маш}$	<i>мин</i>	1,63	1,63
				0,78	0,78

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
				1,91	1,4
3	Трудоемкость проектирования технологии или техники	$T_{ТР.ПР}$	час	–	735
4	Цена единицы оборудования	$C_{ОБ}$	руб.	4500000	4500000
				4500000	4500000
				2900000	2900000
5	Выручка от реализации изношенного оборудования (5% от цены)	$B_{Р.ОБ}$	руб.	225000	225000
				225000	225000
				145000	145000
6	Цена одной единицы приспособления	$C_{ПР}$	руб.	37000	40500
				37000	40500
				26100	26100
7	Выручка от реализации изношенного приспособления	$B_{Р.ПР}$	руб.	7540	8100
				7540	8100
				5220	5220
8	Цена единицы рабочего инструмента	$C_{И}$	руб.	310	374
				310	374
				481,4	1042,9
9	Выручка от реализации изношенного инструмента	$B_{Р.И}$	руб.	62	74,8
				62	74,8
				96,3	208,6
10	Количество переточек	$H_{ПЕР}$		18	18
				18	18
				17	19
11	Цена одной переточки	$C_{ПЕР}$	руб.	29,1	29,1
				29,1	29,1



Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
				167,4	167,4
12	Стойкость одной переточки	$T_{II}$	час	1,5	1,5
				1,5	1,5
				2	4
13	Коэффициент случайной убыли инструмента	$K_{УБ}$		1,13	1,13
				1,13	1,13
				1,14	1,08
13	Количество инструментов	$H_{II}$		1	1
				1	1
				1	1
14	Часовая тарифная ставка рабочего	$C_{\text{ч}}$	руб./ча с	66,71	66,71
				72,24	72,24
15	Часовая тарифная ставка наладчика	$C_{\text{нп}}$	руб./ча с	97,67	97,67
16	Часовая заработная плата конструктора, технолога	$C_{\text{ч.ТЕХ}}$	руб./ча с	–	77,8
17	Габариты станка	$P_{УД}$	$m^2$	4,4	4,4
				4,4	4,4
				5,8	5,8
18	Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь станка	$K_{\text{доп.пл}}$		4,5	4,5
				4,5	4,5
				4,0	4,0
19	Стоимость эксплуатации $1m^2$ площади здания в год	$C_{\text{пл}}$	руб./ $m^2$	4500	4500
20	Установленная мощность единицы оборудования	$M_{\text{уст}}$	кВт	7,1	7,1
				7,1	7,1
				7,5	7,5

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6
21	Цена за 1 кВт электроэнергии	$C_{\text{ЭЭ}}$	руб./кВ <i>т</i>	2,582	2,582
22	Цена за 1 м <sup>3</sup> воды	$C_{\text{В}}$	руб./м <sup>3</sup>	4,479	4,479
23	Цена за 1 м <sup>3</sup> сжатого воздуха	$C_{\text{СЖ}}$	руб./м <sup>3</sup>	0,279	0,279
24	Затраты на разработку одной программы	$Z_{\text{У.П}}$	руб.	14700	14700
				14700	14700
				–	–
25	Величина запуска деталей (размер партии запуска)	$H_{\text{ЗАП}}$	шт.	63	63
				63	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»[23], 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:*

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 010 \rangle} = \frac{5000 \cdot 2,41}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,042 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 010 \rangle} = 1$$

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 015 \rangle} = \frac{5000 \cdot 1,36}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,024 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 015 \rangle} = 1$$

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 030 \rangle} = \frac{5000 \cdot 2,3}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,04 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 030 \rangle} = 1$$

*Проектный вариант:*

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 010 \rangle} = \frac{5000 \cdot 1,92}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,033 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 010 \rangle} = 1$$

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 015 \rangle} = \frac{5000 \cdot 0,92}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,016 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 015 \rangle} = 1$$

$$H_{\text{ОБ.РАСЧ} \langle 030 \rangle} = \frac{5000 \cdot 1,72}{4015 \cdot 1,2 \cdot 60} = 0,03 \Rightarrow H_{\text{ОБ} \langle 030 \rangle} = 1$$

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

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[23]определить необходимые параметры для операций 010 и 015, т.к. именно там применяются станки с ЧПУ, по следующим формулам:

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

*Базовый вариант:*

$$H_{\text{ДЕТ} \langle 010 \rangle} = \frac{4015 \cdot 60}{2,41 \cdot 5000} = 19,992 \approx 20$$

$$H_{\text{ДЕТ} \langle 015 \rangle} = \frac{4015 \cdot 60}{1,36 \cdot 5000} = 35,426 \approx 35$$

Проектный вариант:

$$H_{ДЕТ(10)} = \frac{4015 \cdot 60}{1,92 \cdot 5000} = 25,094 \approx 25$$

$$H_{ДЕТ(15)} = \frac{4015 \cdot 60}{0,92 \cdot 5000} = 52,37 \approx 52$$

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

$$П_{СУТ} = \frac{5000}{360} = 13,89 \approx 14$$

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

$$T_{Ц(03)} = \frac{63 \cdot 2,41 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} + \frac{63 \cdot 1,36 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} = 0,37$$

$$T_{Ц(0P)} = \frac{63 \cdot 1,92 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} + \frac{160 \cdot 0,92 / 60 + 2 \cdot 0,5}{16} = 0,4$$

#### 8.4 Расчет капитальных вложений в совершенствование техпроцесса

Чтобы определить капитальные вложения, так же будем использовать уже представленные методические указания[23], которые, учитывая описанные изменения, позволят определить необходимые средства для вложений. Принимая во внимание тот факт, что изменениям подверглись лишь приспособления на операциях 010 и 015, а также инструмент на операции 030, 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 010, 015 и 030.

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

$$З_{\text{ПР(П)}} = 875 \cdot 77,8 = 68075$$

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

$$K_{\text{ПР(П)}} = 1 \cdot 40500 \cdot 0,033 + 1 \cdot 40500 \cdot 0,016 + 1 \cdot 26100 \cdot 0,03 = 2765,88$$

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

$$K_{\text{И(П)}} = \left[ \frac{310 \cdot 1,63 \cdot 5000 \cdot 1,13 \cdot 1}{1,5 \cdot (8 + 1) \cdot 60} + \frac{310 \cdot 0,78 \cdot 5000 \cdot 1,13 \cdot 1}{1,5 \cdot (8 + 1) \cdot 60} + \frac{1042,9 \cdot 1,4 \cdot 5000 \cdot 1,13 \cdot 1}{1,5 \cdot (9 + 1) \cdot 60} \right] =$$

$$= 4111,06$$

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

$$HЗП_{\text{(П)}} = 14 \cdot 0,4 \cdot 18,62 = 105,42$$

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

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = 68075 + 2765,88 + 4111,06 + 105,42 = 75057,36$$

## 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[23].

Учитывая то, что материал и метод получения заготовки не изменился по вариантам, поэтому расчеты по определению величины основных материалов проводит не целесообразно, это связано с тем, что данная величина не повлияет на конечных результат расчетов. Остальные значения рассчитаем по следующему алгоритму.

$$Z_{ПЛ.ОП} = \frac{\sum T_{шт} \cdot C_{ч}}{60} \cdot K_{У} \cdot K_{ПФ} \cdot K_{ПР} \cdot K_{Д} \cdot K_{Н} \cdot K_{В.Н}, \text{ руб.} \quad (8.11)$$

$$Z_{ПЛ.ОП(БАЗ)} = \frac{(0,41 + 1,36) \cdot 66,71 + 2,3 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 13,47$$

$$Z_{ПЛ.ОП(ПР)} = \frac{(0,92 + 0,92) \cdot 66,71 + 1,4 \cdot 72,24}{60} \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 \cdot 1,2 = 10,12$$

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

$$Z_{ПЛ.НАЛ(БАЗ)} = \frac{1731 \cdot 97,67 \cdot 2 \cdot 0,033}{17 \cdot 5000} \cdot 1,116 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,35$$

$$Z_{ПЛ.НАЛ(ПР)} = \frac{1731 \cdot 97,67 \cdot 2 \cdot 0,0245}{17 \cdot 5000} \cdot 1,116 \cdot 1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,076 = 0,26$$

$$H_{З.ПЛ} = Z_{П} \cdot K_{С} = (Z_{ПЛ.ОП} + Z_{ПЛ.НАЛ}) \cdot K_{С}, \text{ руб.} \quad (8.13)$$

$$H_{З.ПЛ(БАЗ)} = (13,47 + 0,35) \cdot 0,3 = 13,82 \cdot 0,3 = 4,15$$

$$H_{З.ПЛ(ПР)} = (10,12 + 0,26) \cdot 0,3 = 10,38 \cdot 0,3 = 3,11$$

$$P_A = \frac{U_{ОБ} \cdot (M_{МОHT} + 1) \cdot B_{Р.ОБ} \cdot H_A \cdot H_{ОБ} \cdot K_3}{\Phi_{ЭФ.ОБ} \cdot 100 \cdot 60 \cdot K_{ВН}}, \text{ руб.} \quad (8.14)$$

$$P_A = \frac{C_{OB} \cdot (C_{MOHT} + 1) \cdot B_{P.OB} \cdot \kappa_P \cdot H_{OB} \cdot \kappa_3}{\Phi_{\text{ЭФ.ОБ}} \cdot 60 \cdot \kappa_{BH}}, \text{ руб.} \quad (8.15)$$

$$P_{\text{Э.Э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot T_{\text{МАШ}} \cdot C_{\text{ЭЭ}} \cdot \kappa_M \cdot \kappa_{\Pi} \cdot \kappa_{\text{ОД}} \cdot \kappa_B}{\text{КПД} \cdot 60}, \text{ руб.} \quad (8.16)$$

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

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

$$P_{\text{СМ}} = \frac{H_{\text{ОБ}} \cdot \kappa_3 \cdot P_{\text{СОЖ}}}{N_{\text{ГОД}}}, \text{ руб.} \quad (8.19)$$

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

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

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

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

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

Для расчетов значений по формулам (8.14) – (8.24) использовалось программное обеспечение MicrosoftExcel, а полученные значения представлены в таблице 8.3

Таблица 8.3 – Расчетные значения параметров, входящих в расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

№ п/п	Наименование параметра, условное обозначение и единица измерения	Значение параметра по вариантам	
		Базовый	Проектн ый
1	Расходы на амортизацию оборудования, $P_A$ , руб.	0,492	0,37
2	Расходы на текущий ремонт, $P_{Р.ОБ}$ , руб.	0,105	0,079
3	Расходы на электроэнергию $P_Э$ , руб.	0,916	0,804
4	Расходы на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента, $P_{И}$ , руб.	0,213	0,17
5	Расходы на содержание и эксплуатацию приспособления, $P_{ПР}$ , руб.	1,086	0,761
6	Расходы на смазочно-охлаждающую жидкость, $P_{СМ}$ , руб.	0,027	0,021
7	Расходы на технологическую воду, $P_В$ , руб.	0,227	0,17
8	Расходы на содержание и эксплуатацию производственной площади, $P_{Э.ПЛ}$ , руб.	0,003	0,002
9	Расходы на сжатый воздух, $P_{СЖ}$ , руб.	1,993	0,966
10	Расходы на подготовку и эксплуатацию управляющей программы для станков с ЧПУ, $P_{У.ПР}$ , руб.	1,786	1,787
11	Итого расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, $P_{Э.ОБ}$ , руб.	6,848	5,13

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



$$C_{\text{ТЕХ(БАЗ)}} = 13,82 + 4,15 + 6,85 = 24,82$$

$$C_{\text{ТЕХ(ПР)}} = 10,38 + 3,11 + 5,13 = 18,62$$

Далее определяем полную себестоимость выполнения рассматриваемых операций, для этого используем калькуляцию себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса [23]. Согласно ей мы получаем: полную себестоимость по базовому варианту –  $C_{\text{ПОЛН(БАЗ)}} = 75,35$  руб., а по проектному варианту –  $C_{\text{ПОЛН(ПР)}} = 56,57$  руб.

### 8.6 Расчет показателей экономической эффективности

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

$$П_{\text{ОЖ}} = (75,35 - 56,57) \cdot 5000 = 93900$$

$$Н_{\text{ПРИБ}} = П_{\text{ОЖ}} \cdot K_{\text{НАЛ}}, \text{ руб.} \quad (8.27)$$

$$Н_{\text{ПРИБ}} = 93900 \cdot 0,2 = 18780$$

$$П_{\text{ЧИСТ}} = П_{\text{ОЖ}} - Н_{\text{ПРИБ}}, \text{ руб.} \quad (8.28)$$

$$П_{\text{ЧИСТ}} = 93900 - 18780 = 75120$$

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

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{75057,36}{75120} + 1 = 1,999 \approx 2 \text{ года}$$

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

$$D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} = P_{\text{ЧИСТ.ДИСК}}(T) = 75120 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) = 91946,88$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \mathcal{ЧДД} = 91946,88 - 75057,36 = 16889,52$$

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

$$ИД = \frac{91946,88}{75057,36} = 1,23$$

Благодаря замене станочного приспособления на операциях 010 и 015, а также замене инструмента на 030 операции удалось уменьшить трудоемкость выполнения операций, а именно на токарных операциях сократить вспомогательное время, а на заобфрезерной – основное и штучное время. Это привело к снижению себестоимости на 24,92% и позволит получить дополнительную чистую прибыль в размере 75120 руб. Необходимые капитальные вложения в объеме 75057,36 руб. окупятся в течение 2-х лет и позволят достичь интегрального экономического эффекта в размере 16889,52 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта основная его задача, сформулированная во введении, была достигнута.

Для этого были проведены ряд мероприятий. Проведен анализ исходных данных, который позволил грамотно выбрать дальнейшую стратегию разработки технологического процесса изготовления вала-шестерни. Затем был выбран наиболее оптимальный с точки зрения экономической эффективности метод получения заготовки. Разработан план изготовления детали. При этом применено соответствующее типу производства оборудование, оснастка, режущий инструмент и контрольные приспособления. Наиболее трудоемкие операции подвергнуты модернизации за счет анализа научных исследований, проектирования специального инструмента и оснастки. Для наиболее эффективного использования производственных мощностей было проведено проектирование производственного участка на основе современных норм и типовых планировок. Так же была проведена оценка безопасности и экологичности полученного участка. Правильность принятых решений подтверждена экономическими расчетами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 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.
- 2 [www.vniinstrument.ru](http://www.vniinstrument.ru)
- 3 Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.
- 4 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.
- 5 Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб. пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.
- 6 Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.
- 7 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.
- 8 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.
- 9 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.

10 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.

11 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.

12 Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2015. - 140 с.

13 Зорев, Н.Н. Повышение производительности зуборезной обработки за счет применения переменной скорости резания. Автореферат диссертации кандидата технических наук. М: МВТУ им. Баумана, 1999 – 18с.

14 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.

15 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.

16 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.

17 Булавин, В.В. Режущий инструмент [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. - Электрон. дан. - Пенза : ПензГТУ (Пензенский государственный технологический университет), 2009. — 100 с.

18 Резников Л. А. Проектирование сложнопрофильного режущего инструмента [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. А. Резников ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 207 с. : ил. - Библиогр.: с. 202-203.

19 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.

20 Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства : учеб. для вузов / В. П. Вороненко, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. - 3-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Дрофа, 2007. - 380 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 378-380.

21 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.

22 Бычков, В.Я. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Бычков, А.А. Павлов, Т.И. Чибисова. - Электрон. дан. - М. : МИСИС, 2009. - 146 с.

23 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

Изм. №	№ подл.	Изм. №	Взам. изв. №	Изм. № дробл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											<u>Документация</u>		
										16.07.ТМ.517.008.000.СБ	Сборочный чертеж		
											<u>Детали</u>		
									А4	1	16.07.ТМ.517.008.001	Корпус патрона	1
									А4	2	16.07.ТМ.517.008.002	Втулка	1
									А4	3	16.07.ТМ.517.008.003	Гидроцилиндр	1
									А4	4	16.07.ТМ.517.008.004	Сменный кулачок	3
									А4	5	16.07.ТМ.517.008.005	Крышка цилиндра	1
									А4	6	16.07.ТМ.517.008.006	Корпус гидроцилиндра	1
									А4	7	16.07.ТМ.517.008.007	Поршень	1
									А4	8	16.07.ТМ.517.008.008	Рычаг	1
									А4	9	16.07.ТМ.517.008.009	Постоянный кулачок	3
									А4	10	16.07.ТМ.517.008.010	Втулка	1
									А4	11	16.07.ТМ.517.008.011	Шток	1
									А4	12	16.07.ТМ.517.008.012	Ось	9
									А4	13	16.07.ТМ.517.008.013	Продка	3
											<u>Стандартные изделия</u>		
										14	Винт установочный ГОСТ Р50384-92	3	
										15	Кольцо ОСТ 92-8969-78	1	
										16	Манжета ГОСТ 8752-79	3	
										16.07.ТМ.517.008.000			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Станочное приспособление</b> ТГУ, ТМз-1001						
		Разраб.	Ташлыков										
		Пров.	Логинов										
		Исконтр.	Виткалов										
		Утв.	Бабровский										
		Лит.	Лист	Листов									
		Д	1	2									



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		Манжета ГОСТ 8752-79	3	
		18		Винт М8х30 ГОСТ 14475-80	6	
		19		Подшипник 904 ГОСТ 8338-75	2	
		20		Манжета ГОСТ 8752-79	2	
		21		Демпфер ГОСТ 8754-79	2	
		22		Винт М14х120 ГОСТ 11738-84	3	
		23		Прокладка ГОСТ 14475-80	1	
		24		Гайка М20 ГОСТ 15526-70	2	
		25		Шайба ГОСТ 11872-89	1	
		26		Винт М8х25 ГОСТ 14475-80	8	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	16.07.ТМ.517.008.000	Лист
						2

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Маршрутные карты

Лист										
Взам										
Лист										

Разработал	Ташляков					ТГУ Кафедра ОТМП					
Проверил	Лагин					Вал-шестерня					
Утвердил	Бобровский										
Н. контр.	Виткалов										

M01 Сталь 30X1HMA ГОСТ 4345-71													
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	№3			
	166	4,5кг	1		0,65		315x80,2	1	6,0кг				
A		Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции		Обозначение документа					
B		Код, наименование оборудования		СМ	граф.	P	УТ	KP	KOMD	EH	OP	Клтп	Тштп
A03	XX XX XX 000 Заготовительная												
B04	Горизонтально-кавочная машина												
O5													
A06	XX XX XX 005 4269 Фрезерно-центровальная												
B07	Фрезерно-центровальный п/а МР-78 3 18225 422 1P 1 1 1 1200 1 0,8												
O 08	Подрезать торцы 2, 8 в размер 315±0,2, просверлить центральные отверстия 1 36 в размер 13,2x14												
T 09	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391801 Фреза торцовая												
10	φ70 ГОСТ 1695-80 ТТ20К9; 391267 Сверло центровочное А63 ГОСТ14952-80 Р6М5; 393311 Штанген-												
11	циркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.												
12													
A 13	XX XX XX 010 4110 Токарная												
B 14	381101 Токарный SAMAT 400 XC 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 192												
O 15	Точить последовательно поверхность и торцы Установ А: пов. 8 φ40±0,25; торец 9 l=140±0,46; пов.												
16	16 φ50±0,25; торец 17 l=100±0,4; Установ Б: пов. 34 φ30±0,21; торец 7 l=275±0,52; пов. 31 φ40±0,25;												
МК													

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа									
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кум	Троз
Б	Код наименования оборудования														
19	торец 29 l=235±0.46; пав. 28 φ45±0.25; торец 27 l=160±0.40; пав. 18 φ68±0.35; торец 23 l=136±0.4;														
20	пав. 22 φ45±0.25; торец 21 l=124±0.4; пав. 24 φ94±0.35.														
T21	396110 Патрон лобовых ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец														
22	подрезной ГОСТ 18877-73 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10; 393311 Штанген-														
23	циркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
24															
A 25	XX XX XX 015 4110 Токарная														
26	381101 Токарный SAMAT 400 XC 3 15292 422 1P 1 1 1 1200 1 0,92														
27	Точить последовательно поверхности поверхности и торцы Установ А: пав. 8 φ40±0.1; торец 10 l=140±0.21;														
28	канавку 9 39,5x10; Установ Б: пав. 34 φ30±0.084; торец 33 l=275±0.21; пав. 31 φ40±0.1; торец 30 l=														
29	=235±0.21; канавку 29 φ39,5x10; пав. 18 φ68±0.12; пав. 24 φ94±0.14.														
T 30	396110 Патрон лобовых ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392101 Резец														
31	подрезной ГОСТ 18877-73 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10; 393410														
32	Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.														
33															
A 34	XX XX XX 025 4262 Шпоночно-фрезерная														
Б 35	381631 Вертикально-фрезерный 6Т13 3 18632 422 1P 1 1 1 1200 1 0,45														
0 36	Фрезеровать шпоночный паз Н=25±0.13; b=10±0.043; l=10±0.58.														
T 37	396131 Тиски самоцентрирующие с призматическими губками ГОСТ 12195-66; 391802 Фреза шпоноч-														
38	ная φ10 ГОСТ 1695-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393120 Калибр-пробка														
A 39															
Б 40	XX XX XX 025 4262 Шпоночно-фрезерная														
0 41	381631 Вертикально-фрезерный 6Т13 3 18632 422 1P 1 1 1 1200 1 0,45														
МК															



А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	гросф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б												
					Код, наименование оборудования							
0.69	Фрезеровать пов.25 0,5x45°.											
Т.70	396110 Патрон цанговый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 391802 Фреза											
71	червячная одновитковая ГОСТ 9324-80; 393120 Шаблон.											
72												
А.73	XX XX XX 050 4150 Зубошлифовальная											
Б.74	381571 Зубошлифовальный 5702В 3 12290 422 1Р 1 1 1 1200 1 119											
0.75	Шлифовать зубья пов. 19 m=4, z=25, 8ст.											
Т.76	396110 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 3924030											
77	Шевер дисковый ГОСТ 8570-80 Р9Ф5; 394300 Прибор БВ-5061.											
78												
А.79	XX XX XX 055 4150 Зубошлифовальная											
Б.80	381571 Зубошлифовальный 5702В 3 12290 422 1Р 1 1 1 1200 1 119											
0.81	Шлифовать зубья пов. 25 m=4, z=20, 8ст.											
Т.82	396110 Патрон цанговый ГОСТ 2675-80; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 3924030											
83	Шевер дисковый ГОСТ 8570-80 Р9Ф5; 394300 Прибор БВ-5061.											
84												
А.85	XX XX XX 060 Термическая											
86												
А.87	XX XX XX 065 4130 Центрошлифовальная											
Б.88	381310 Центрошлифовальный 3922 3 18225 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,31											
0.89	Шлифовать центровые отверстия 1,36 в размер 13,2x14											
Т.90	396110 Патрон мембранный ГОСТ 18157-70; 397110 Головка шлифовальная АК ГОСТ 2447-82											
91	393120 Шаблон.											
МК												

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа							
						СМ	гросф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП
Б	Код наименования оборудования												
А 94	XX XX XX 070 4131 Шлифовальная												
Б 95	381311 Торцевкруглошлифовальный 3Т160 3					18873	422	1Р	1	1	1200	1	0,45
0 96	Шлифовать поверхности и торцы: пав. 8 $\phi 40 \pm 0,062$ ; торец 9 $l=100 \pm 0,12$ .												
Т 97	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-												
98	ный ПП500х203х80; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.												
99													
А 100	XX XX XX 075 4131 Шлифовальная												
Б 101	381311 Торцевкруглошлифовальный 3Т160 3					18873	422	1Р	1	1	1200	1	0,94
0 102	Шлифовать: пав. 34 $\phi 30 \pm 0,062$ ; торец 33 $l=275 \pm 0,12$ ; пав. 31 $\phi 40 \pm 0,62$ ; торец 30 $l=230 \pm 0,12$ .												
Т 103	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-												
104	ный ПП500х203х80; 39410 микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.												
105													
А 106	XX XX XX 080 4131 Шлифовальная												
Б 107	381311 Торцевкруглошлифовальный 3Т160 3					18873	422	1Р	1	1	1200	1	0,45
0 108	Шлифовать поверхности и торцы: пав. 8 $\phi 40 \pm 0,025$ ; торец 9 $l=100 \pm 0,052$ .												
Т 109	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-												
110	ный ПП500х203х80; 393120 Скоба рычажная СР.												
111													
А 112	XX XX XX 075 4131 Шлифовальная												
Б 113	381311 Торцевкруглошлифовальный 3Т160 3					18873	422	1Р	1	1	1200	1	0,94
0 114	Шлифовать: пав. 34 $\phi 40 \pm 0,025$ ; торец 29 $l=230 \pm 0,052$ .												
Т 115	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр подвижный ГОСТ 8740-75; Круг шлифоваль-												
116	ный ПП500х203х80; 393120 Скоба рычажная СР.												
МК													

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа									
						СМ	граф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Троз
Б	Код наименования оборудования														
A 119	XX	XX	XX	090	4131	Притирочная									
120															
A 121	XX	XX	XX	095	Маячная										
122															
A 123	XX	XX	XX	100	Контрольная										
124															
125															
126															
127															
128															
129															
130															
131															
132															
133															
134															
135															
136															
137															
138															
139															
140															
141															
МК															



ПРИЛОЖЕНИЕ В  
Операционные карты

Дубл.	Взам.	Подп.																		
Разработ.	Ташкент																			
Проверил	Логин																			
Инженер	Вилкалов		<i>Вал-шестерня</i>																	
Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД												
Токарная	ЗОЛМА ГОСТ 4345-71	НВ 226	к2	4,5			6	1												
Оборудование, устройства ЧПУ	Обозначение программы	Тр	Т6	Тр	Тшт	СОЖ														
SAMAT 400 XS		163	0,29	0,08	192	Вэл-15%														
	ПМ	Д или В	L	t	t	S	n	V												
01.	1. Установить заготовку																			
Т. 02.	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75.																			
0. 03.	2. Точить последовательно поверхность и торцы Установ А: пов. 8; торец 9; пов. 16; торец 17; Установ Б: пов. 34; торец 7; пов. 31; торец 29; пов. 28; торец 27; пов. 18; торец 23; пов. 22; торец 21; пов. 24 согласно эскиза																			
Т. 04.	392101 Резец подрезной ГОСТ 18877-73 Т5К10; 392101 Резец канавочный ГОСТ 18890-73 Т5К10;																			
07.	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																			
0. 08.	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.																			
09.																				
10.																				

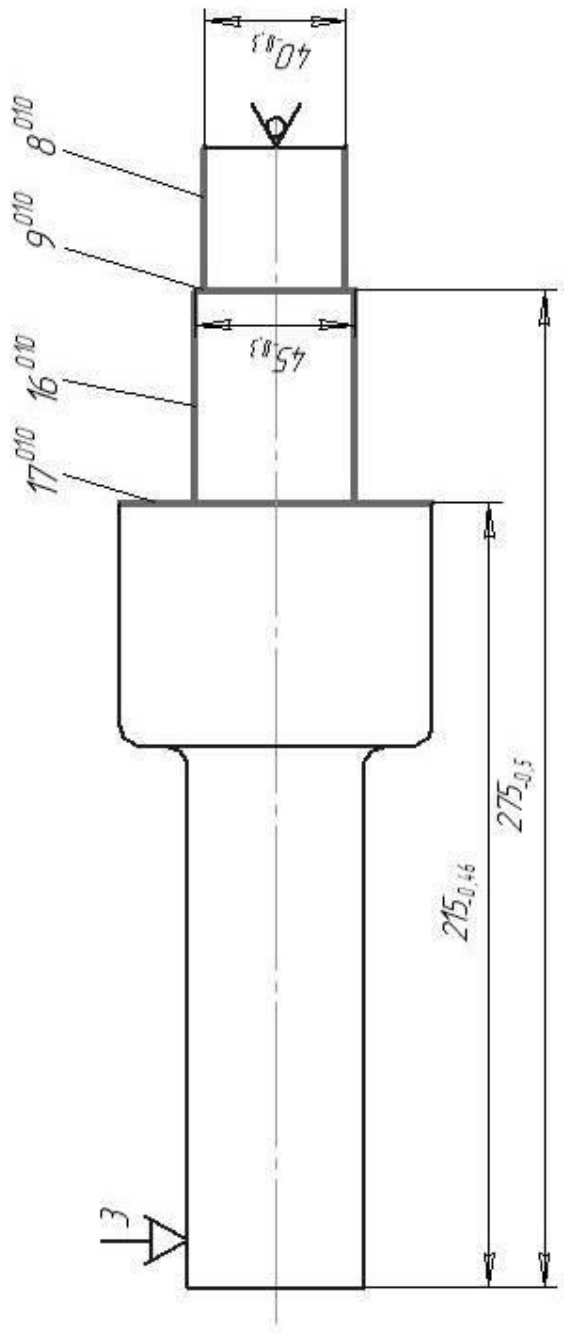
Добл.																				
Взам.																				
Подп.																				

Разроб.	Ташлыкб		ТТЧ																	
Проверил	Лозинб		Кафедра ОПМП																	
Н.контр.	Вулканб																			

Вал-шестерня

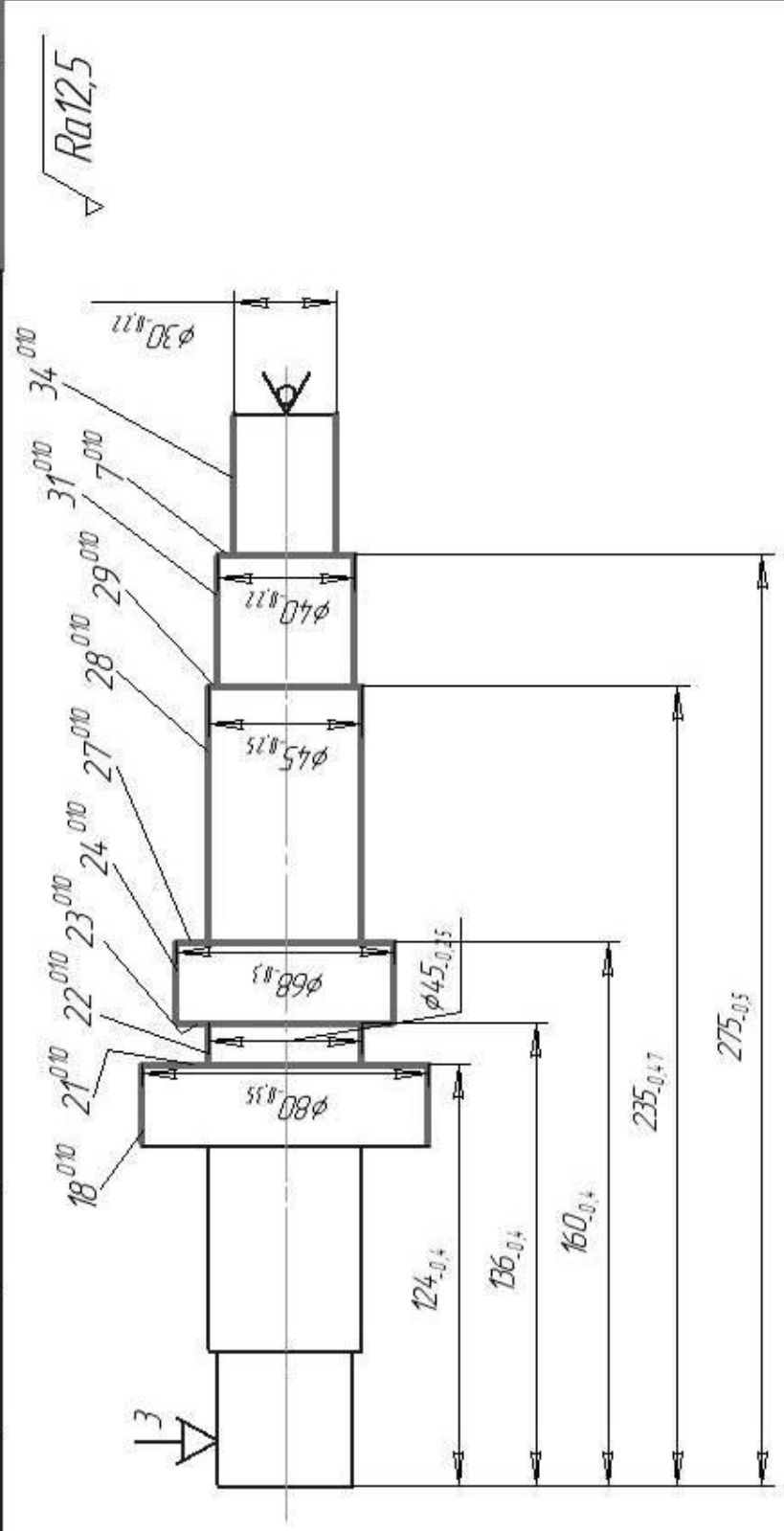
$\sqrt{Ra12,5}$

Установ А



Добр.									
Взам.									
Подп.									

Разраб.	Ташъкаб	ТТУ		Вал-шестерня		ДП	010
Проверил	Логинов	Кафедра ОПМП					
Инж-пр.	Вилкина						



Установка Б