

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления крупно модульного вала шестерни

Обучающийся

А.А. Аванесян

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Д.А. Расторгуев

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

## Аннотация

В работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления крупно модульного вала шестерни цилиндрического редуктора для объема выпуска 1000 штук в год.

Для разработанного чертежа детали выполнен анализ технологичности, который позволил выявить трудности при выполнении обработки крупно модульного вала шестерни, связанные с необходимостью зубонарезания, а также обработки большой полости с ограниченной инструментальной доступностью.

Определен тип производства – среднесерийный с его характеристиками и для него спроектирована технология.

С учетом среднесерийного типа производства в ходе сравнительного анализа методов получения исходной заготовки из двух вариантов выбран метод штамповки. Данный метод обеспечивает необходимую точность и минимальные значения операционных припусков.

Далее разработана маршрутная технология, которая состоит из обработки следующих типов поверхностей: крайних торцов, буртиков, сквозного ступенчатого отверстия, цилиндрических шеек, шлицев, резьбы и зубьев. С учетом типового технологического процесса изготовления вала шестерни сформированы технологические операции. Так как одной из главных операций является обработка контура, включая отверстие, а также обработка зубьев и шлицев, подробное проектирование представлено на эти операции – токарную с переходом по обработке отверстия и фрезерную операцию с переходом по обработке прямобочных шлицев. Для токарной операции спроектировано оснащение в виде специализированного приспособления, а также сверло для обработки отверстия.

Для технологии предусмотрены меры по защите охраны труда и обеспечению экологичности, а изменения конструкции сверла обоснованы в ходе экономического расчета.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ состояния вопроса.....	7
1.1 Служебное назначение вала.....	7
1.2 Классификация поверхностей детали.....	7
1.3 Анализ технологичности.....	7
1.4 Задачи работы.....	10
2 Проектирование технологического процесса.....	11
2.1 Определение типа производства.....	11
2.2 Выбор способа получения заготовки.....	11
2.3 Выбор технологических переходов.....	14
2.4 Расчет припуска аналитически.....	15
2.5 Проектирование заготовки.....	18
2.6 Разработка маршрута.....	19
2.7 Разработка схем базирования.....	20
2.8 Выбор оснащения.....	22
2.9 Разработка технологических операций.....	27
2.10 Расчет норм времени.....	31
3 Разработка специальной технологической оснастки.....	35
3.1 Проектирование зажимного приспособления.....	35
3.2 Проектирование инструмента.....	43
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	45
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	45
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	45
4.3 Методы и технические средства снижения рисков.....	46
4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта.....	47
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	48
5 Экономическая эффективность работы.....	50
Заключение.....	55

Список используемых источников.....	56
Приложение А. Технологические карты .....	60
Приложение Б. Спецификация на приспособление .....	67
Приложение В. Спецификация на инструмент .....	69

## Введение

Машиностроение является одной из ключевых отраслей экономики любой страны. Это высокотехнологичная отрасль определяет экономическое развитие страны. Она включает различные производственные процессы разнообразных отраслей, включая такие как, авиастроение, судостроение, космическая отрасль, авто- и станкостроение и так далее. Машиностроение включает в себя различные производственные процессы, такие как заготовительные, обрабатывающие, сборочные. От качества проектирования технологических процессов зависит эффективность, которая определяет себестоимость продукции и, в конечном итоге, ее конкурентоспособность.

В основе эффективности технологических процессов лежит правильный выбор технологического оборудования и оснащения. Производительное современное оборудование обеспечивает высокую концентрацию технологических переходов, что избавляет современное производство от необходимости больших производственных помещений, значительного количества работников. При этом на выходе получается продукция полностью соответствующая техническим требованиям чертежа.

Одной из основных, высоко сложных деталей различных преобразующих механизмов является зубчатое колесо, предназначенное для преобразования крутящего момента и частоты вращения. Одним из видов таких элементов с зубчатым венцом является вал-шестерня.

Это деталь, устанавливаемая по подшипникам, передает крутящий момент при помощи зубчатой поверхности и дополнительных конструктивных элементов, в качестве которых могут использоваться шпоночные пазы и шлицевые поверхности. Обработка таких поверхностей отличается своими особенностями, включая использование специализированного оборудования и зуборезного инструмента.

Возможности универсального автоматизированного оборудования современного типа обеспечивает обработку зубчатых поверхностей на

универсальных станках типа токарно-фрезерных центров. Причем обработка может вестись как методом копирования, так и методом обката. Это дает возможность получения зубчатых венцов высокой точности с высокой производительностью. Из-за уменьшения количества используемого инструмента снижается количество переустановок заготовок, что повышает точность относительного положения обрабатываемых с одного установочного основания основных конструкторских баз - шеек под подшипник.

Задача усложняется в случае большого модуля нарезаемого зубчатого венца, так как глубина резания увеличивается. Нагрузки растут на инструмент и на заготовку, что приводит к большим упругим деформациям технологической системы и соответствующему снижению точности.

Такие же проблемы возникают при сверлении отверстий большого диаметра. Поэтому такую обработку делают много переходной. После предварительного сверления выполняют рассверливание с постепенным выходом на нужный диаметр. Использование инструмента, который обеспечил бы обработку сразу на весь размер, значительно ускоряет процесс. В работе предложен вариант обработки сборным инструментом такого отверстия.

## **1 Анализ состояния вопроса**

### **1.1 Служебное назначение вала**

Вал-шестерня работает в цилиндрическом редукторе. Она предназначена для передачи крутящего момента. Является элементом промежуточной ступени. Работает в условиях действия значительных нагрузок таких как, крутящий момент. Тип нагрузки циклический, величина нагрузки - значительная. Работает в условиях смазки [2].

### **1.2 Классификация поверхностей детали**

Номера поверхностей детали представлены на рисунке 1.

По назначению поверхности вала шестерни разделяются следующим образом. Исполнительными поверхностями являются боковая эвольвентная поверхность зуба 22 и боковая поверхность прямобочных шлицов 25. Основные конструкторские базы, это поверхности под подшипник 7,8. Кроме цилиндрических поверхностей используются торцовые буртики. В данном случае 2,4. К вспомогательным конструкторским базам относятся резьбовые поверхности 6 и 9, а также поверхность для установки зубчатого колеса 24, 25. Все остальные относятся к категории свободных поверхностей.

Анализ технических требований к поверхностям детали сформулирован в таблице 1.

### **1.3 Анализ технологичности**

Материалом является сталь 30ХГСА по ГОСТ 4543-71 [7]. Легированная сталь имеет необходимые физико-механические свойства, которые обеспечивают эксплуатационные параметры вал-шестерни. Кроме этого данный материал имеет нормальную обрабатываемость резанием.

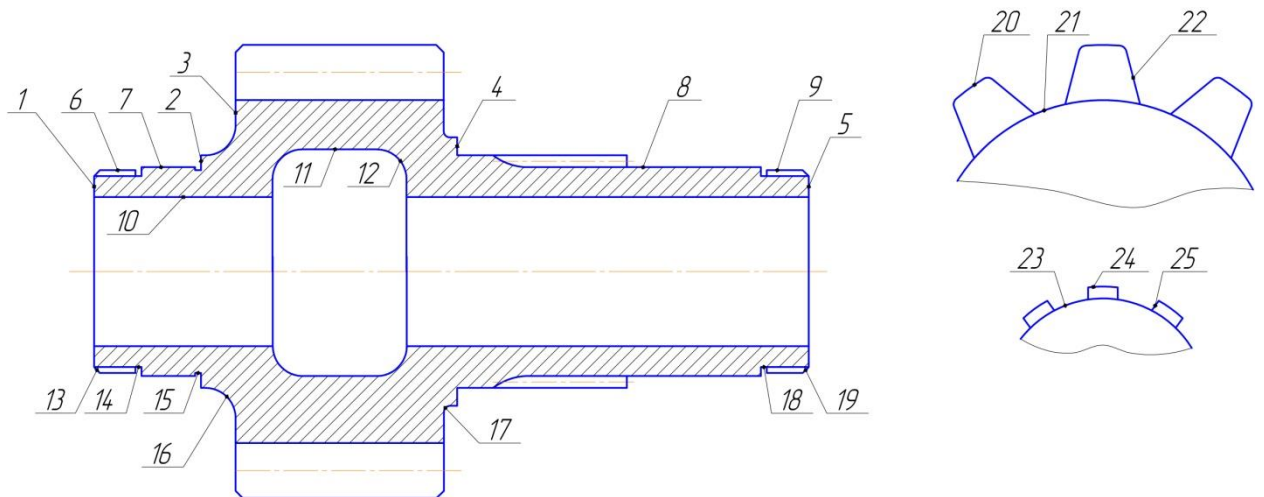


Рисунок 1 - Эскиз вал-шестерни

Таблица 1 - Анализ технических требований к поверхностям детали

Номер и служебное назначение	Вид поверхности	Габариты	Квалитет, IT	Требование точности		Ra, мкм
				расположения, мм	формы, мм	
1	2	3	4	5	6	7
1 С	Плоская	240	12	-	-	12,5
2 ОКБ	Плоская	204	6	Перпендикулярность 0,012	-	0,63
3 С	Плоская	192	12	-	-	12,5
4 ВКБ	Плоская	120	12	Перпендикулярность 0,012	-	
5 С	Плоская	240	12	-	-	12,5
6 ВКБ	Резьбовая	d68	12	-	-	12,5
7 ОКБ	Цилиндрическая	d70	6	Соосность 0,012	Цилиндричность 0,005	0,63
8 ОКБ	Цилиндрическая	d70	6	Соосность 0,012	Цилиндричность 0,005	0,63
9 ВКБ	Резьбовая	d68	12	-	-	12,5
10 С	Цилиндрическая	d50	12	-	-	12,5
11 С	Цилиндрическая	d76	12	-	-	12,5
12 С	Фасонная	R10	12	-	-	12,5
13 С	Фасонная	2	12	-	-	12,5
14 С	Фасонная	d65,8	12	-	-	12,5



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
15 С	Фасонная	d69,5	12	-	-	12,5
16 С	Фасонная	R10	12	-	-	12,5
17 С	Фасонная	R2	12	-	-	12,5
18 С	Фасонная	d65,8	12	-	-	12,5
19 С	Фасонная	2	12	-	-	12,5
20 С	Фасонная	d152	11	-	-	12,5
21 С	Цилиндрическая	d115	12	-	-	12,5
22 ВКБ	Фасонная	37	7	-	-	2,5
23 С	Цилиндрическая	d70	12	-	-	12,5
24 С	Фасонная	d78	12	Соосность 0,012	-	12,5
25 ВКБ	Фасонная	8	7	-	-	1,25
Примечание С- свободная; ВКБ – вспомогательная база; ОКБ- основная конструкторская база						

С точки зрения технологичности конструкция вал шестерни имеет две конструктивные особенности, которые создают проблемы при ее обработке. С учетом того, что указанную полость на заготовительной операции, которой может быть или штамповка или прокат, получить не удастся. Поэтому такую поверхность необходимо обрабатывать растачиванием. С учетом большого перепада диаметров сквозного отверстия и выточки, возникает необходимость в использовании расточного инструмента с большим вылетом режущей пластины. Такой инструмент можно отнести к категории специальных.

Кроме этого, вал-шестерня имеет большой модуль зубьев 8 мм, что приводит к глубине впадины зуба равной более 16 мм. Такая большая глубина резания будет приводить к большому количеству переходов при зубообработке, значительному штучному времени и расходу инструмента.

Все остальные поверхности имеют свободный подход и выход инструмента, доступны для контроля. Конструктивное оформление стандартизированное. Мелкие конструктивные элементы унифицированы. На обработку шлицев будет накладываться ограничение по диаметру обрабатывающего инструмента, это так как указан радиус равный 30 мм.

Поверхности детали с требованиями чертежа на заготовительной операции получить невозможно, поэтому все они проходят механическую обработку.

Получение заготовки возможно или из проката или штамповкой, так как материал не литейный. Установка данной заготовки возможна как по наружной, так и по внутренней поверхностям. В последнем случае можно использовать как разжимные оправки (кулачковые, цанговые, гидропластовые), так и установочные центра грибкового типа. Базирование должно проводиться двух опорное, так как деталь имеет значительные габариты длиной до 240 мм.

#### **1.4 Задачи работы**

Задачей работы является на основе анализа технических требований рабочего чертежа вал-шестерни, анализа общей технологичности детали с выявленными недостатками и предложенными изменениями, выбрать тип производства. С учетом типа производства определить способ получения заготовки, назначить переходы. С учетом типового технологического процесса, сгруппировать их в соответствующие технологические операции, подобрать подходящее технологическое оборудование и соответствующие оснащение. Для определенной операции выполнить проектирование приспособления и инструмента. Предусмотреть меры по обеспечению охраны труда и выполнить экономическое обоснование изменений [12].

#### **Выводы по разделу**

В разделе выполнен анализ рабочего чертежа детали с изменениями конструкции, которые основаны на анализе технологичности конструкции вал-шестерни. Анализ технологичности показал определенные трудности, которые будут возникать в ходе изготовления данной детали. Сформулированы задачи по выполнению данной работы.

## 2 Проектирование технологического процесса

### 2.1 Определение типа производства

Первым этапом проектирования технологии является выбор типа производства. Он основан на анализе трудоемкости, которая определяется косвенно по массе самой детали и заданному годовому выпуску. Для массы 9 кг и 1000 деталей в год тип производства – среднесерийный [22].

### 2.2 Выбор способа получения заготовки

Согласно рекомендациям [11], в качестве метода получения заготовки для вала-шестерни принимаем или прокат или штамповку.

Формула, для определения технологической себестоимости заготовки с учетом затрат на обработку

$$C_{T_i} = \frac{g}{K_{M_i}} \cdot [C_{заг_i} + (C_{мех} - C_{отх}) \cdot (1 - K_{M_i})], \quad (1)$$

где  $g$  – масса детали, кг;

$K_{M_i}$  – коэффициент использования материала для рассматриваемого  $i$ -того выбранного способа получения исходной заготовки;

$C_{заг_i}$  – стоимость заготовки, руб/кг;

$C_{мех}$  – стоимость обработки, руб/кг;

$C_{отх}$  – стоимость отходов, руб/кг.

Затраты на обработку

$$C_{мех} = C_C + E_M \cdot C_K, \quad (2)$$

где  $C_C$  – текущая стоимость обработку, руб/кг;

$C_K$  – капитальная стоимость обработки, руб/кг;

$E_H$  – стандартный параметр отдачи капитальных вложений.

Примем для расчета:  $C_C=0,468$  руб/кг,  $C_K=1,039$  руб/кг,  $E_H= 0,15$ . Для общего машиностроения

$$C_{\text{мех}} = 0,468 + 1,039 \cdot 0,15 \approx 0,624 \text{ руб/кг.}$$

Для отходов примем  $C_{\text{отх}} = 0,0298$  руб/кг.

«Стоимость штамповки

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{шт}} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (3)$$

где  $C_{\text{шт}}$  – справочная стоимость базового способа штамповки, руб/кг;

$h_T$  – коэффициент, учитывающий точность заготовки;

$h_C$  – коэффициент, учитывающий сложность заготовки;

$h_B$  – коэффициент, учитывающий массу заготовки;

$h_M$  – коэффициент, учитывающий материал заготовки;

$h_{II}$  – коэффициент, учитывающий группу серийности» [12].

Примем  $C_{\text{шт}}=315$  руб/кг. Для штамповки на КГШП коэффициенты будут равны:  $h_T = 1$  для Т4 (по методике второй класс);  $h_C = 0,78$  для С2 (первая группа);  $h_B = 0,79$  для массы более 10 кг;  $h_M = 1,27$  для легированной стали 30ХГСА;  $h_{II} = 1$  для 1000 деталей.

Тогда себестоимость штамповки

$$C_{\text{заг}} = 315 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 0,79 \cdot 1,27 \cdot 1 = 246,5 \text{ руб/кг.}$$

Для проката соотношение массы заготовки и детали по коэффициенту использования материала будет менее 0,5. Это делает затраты на механическую обработку очень значительными. Поэтому в данном расчете применим сравнение с заготовкой полученной литьем, при условии, что материал будет модифицирован на литейную группу.

Если рассчитать стоимость отливки в оболочковые формы

$$C_{заг} = C_{от} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (4)$$

где  $C_{шт}$ ,  $h_T, h_C, h_B, h_M, h_{II}$  - все коэффициенты обозначают те же параметры, что и в формуле (3), только для отливки.

Для отливки коэффициенты в формуле (4) следующие:  $h_T = 1,03$  для 8 класса размерной точности (по методике второй);  $h_C = 0,7$  для валов (по методике вторая группа);  $h_B = 0,87$  для массы более 10 кг;  $h_M = 2,3$  для легированной стали 30ХГСА;  $h_{II} = 0,77$  для 1000 деталей.

Базовая цена литья  $C_{от} = 290$  руб/кг.

$$C_{заг} = 290 \cdot 1,03 \cdot 0,7 \cdot 0,87 \cdot 2,3 \cdot 0,77 \approx 322,2 \text{ руб/кг.}$$

Себестоимость сравниваемых вариантов с учетом обработки составит для коэффициента использования штамповки

$$K_{им1} = \frac{q}{Q}, \quad (5)$$

где  $q$  – масса детали, кг;

$Q$  – масса заготовки, кг.

$$K_{им1} = \frac{9}{17,5} = 0,53.$$

$$C_{m_1} = \frac{9}{0,53} \cdot [246,5 + (0,624 - 0,0298) \cdot (1 - 0,53)] \approx 4191 \text{ руб.}$$

Для отливки

$$K_{им2} = \frac{9}{13,2} = 0,68.$$

$$C_{m_2} = \frac{9}{0,68} \cdot [322,2 + (0,624 - 0,0298) \cdot (1 - 0,68)] \approx 4267 \text{ руб.}$$

В результате сравнительного анализа, выяснили, что себестоимость отливки не намного больше стоимости штамповки. Дальнейший расчет ведем для заготовки вала-шестерни, получаемый методом штамповки на КГШП. Относительная выгода при выборе данного метода обработки не входит в общую технологическую себестоимость, рассчитываемой в последнем разделе.

## 2.3 Выбор технологических переходов

С учетом выбранного способа получения исходной заготовки вал-шестерни штамповкой, на все поверхности детали со сформулированными техническими требованиями из таблицы 1, выбираются переходы [5], которые показаны в таблице 2.

Таблица 2 - Выбор технологических переходов

Служебное назначение	Вид	Требование		Ra, мкм	Переходы (шероховатость, качество)
		расположения	формы		
1	2	3	4	5	6
1 С	П	-	-	12,5	Фрезерование черновое (Ra 12,5; 11кв).
2 ОКБ	П	Есть	-	0,63	Обтачивание торцов черн. (Ra 12,5; 13кв.); обтачивание торцов чист. (Ra 2,5; 10 кв.); ТО; шлиф чист.(Ra 1,25;8кв.); шлифование тонкое (Ra 0,63; 6 кв.)
3 С	П	-	-	12,5	Обтачивание торцов черн. (Ra 12,5; 13кв.); обт торцов чист. (Ra 2,5; 10 кв.);
4 ВКБ	П		-		Обтачивание торцов черн. (Ra 12,5; 13кв.); обтачивание торцов чист. (Ra 2,5; 10 кв.); ТО; шлифование чист.(Ra 1,25;8кв.); шлифование тонкое (Ra 0,63; 6 кв.)
5 С	П	-	-	12,5	Фрезерование черновое (Ra 12,5; 11кв).
6 ВКБ	Р	-	-	12,5	Обтачивание черн. (Rz 40, 13 кв.); обтачивание чист. (Ra 2,5; 10 кв.); нарезание резьбы(резцом 4h, Ra 0,8)
7 ОКБ	ЦН	Есть	Есть	0,63	Обтачивание черн. (Rz 40, 13 кв.); обтачивание чист. (Ra 2,5; 10 кв.); ТО; шлифование чист. (Ra 1,25, 8 кв.), шлифование тонкое (Ra 0,63; 6 кв.)
8 ОКБ	ЦН	Есть	Есть	0,63	Обтачивание черн. (Rz 40, 13 кв.); обтачивание чист. (Ra 2,5; 10 кв.); ТО; шлифование чист. (Ra 1,25, 8 кв.), шлифование тонкое (Ra 0,63; 6 кв.)
9 ВКБ	Р	-	-	12,5	Обтачивание черн (Rz 40, 13 кв.); обтачивание чист (Ra 2,5; 10 кв.); нарезание резьбы(резцом 4h, Ra 0,8)
10 С	ЦВ	-	-	12,5	Сверление (Ra 12,5; 12 кв.); зенкерование (Ra 6,3, 11 кв.)

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
11 С	ЦВ	-	-	12,5	Сверление (Ra 12,5; 12 кв.); зенкерование (Ra 6,3, 11 кв.); растачивание (Ra 6,3, 11 кв.)
12 С	Ф	-	-	12,5	Сверление (Ra 12,5; 12 кв.); зенкерование (Ra 6,3, 11 кв.); растачивание (Ra 6,3, 11 кв.)
13 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
14 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
15 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
16 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
17 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
18 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
19 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание торцов чист. (Ra2,5; 10кв).
20 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание черн. (Rz 40, 13 кв); обтачивание чист. (Ra 2,5; 10 кв)
21 С	ЦН	-	-	12,5	Зубофрезерование червячной фрезой(8 ст. точн.)
22 ВКБ	Ф	-	-	1,25	Зубофрезерование. червячной фрезой (8 ст. точн); шевингование(7 ст. точн);
23 С	ЦН	-	-	12,5	Фрезерование черн.(8кв. Ra1,25);
24 С	Ф	-	-	12,5	Обтачивание черн. (Rz 40, 13 кв); обтачивание чист. (Ra 2,5; 10 кв);
25 ВКБ	Ф	-	-	1,25	Фрезерование черн.(8кв. Ra1,25); ТО; шлицефрезерование
Примечание: В таблице 2 используются сокращения для переходов: черн. – черновой; чист. – чистовой; ст. точн. – степень точности; кв. – квалитет.					

Далее переходы используются для формирования операций.

## 2.4 Расчет припуска аналитически

Необходимо расчетным способом определить значение минимальных припусков и размеры на переходы по обработке шеек диаметром  $70^{+0.021}_{+0.002}$  мм с шероховатостью Ra 0,63 мкм.

Для вычисления припуска необходимо определить его составляющие, куда входят глубина дефектного слоя и шероховатость от предыдущего перехода, возможное пространственное отклонение в виде различных смещений и короблений, опять же от предыдущего перехода, а также

погрешность установки, возникающая при выполнении перехода на данной операции [11].

Дефектный слой и шероховатость

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

где  $Rz$  – шероховатость обрабатываемой поверхности, мкм;

$h$  - дефектный слой, мкм.

Все выбранные показатели сведены в таблицу 3. Для определения пространственного коробления шеек на заготовительной операции учитываем табличные значения удельного коробления и размеры самого вала

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (7)$$

где  $\rho_{\text{кор}}$  - величина коробления, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$  - погрешность зацентровки, мкм;

$\rho_{\text{см}}$  - смещение поверхности, мкм.

Первое слагаемое в формуле (7)

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l, \quad (8)$$

где  $\Delta k$  – величина удельного коробления, мкм/мм;

$l$  - длина нормируемой поверхности, мкм.

Для всей длины вала

$$\rho_{\text{кор}} = 1,5 \cdot 240 = 360 \text{ мкм.}$$

Зацентровка

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{0,25 \cdot TD_3^2 + 1}, \quad (9)$$

где  $TD_3$  – допуск шейки заготовки, мм.



Тогда

$$\rho_{ц} = \sqrt{0,25 \cdot 1,6^2 + 1} = 1,803 \text{ мм.}$$

$$\rho_{заг} = 1,6 \text{ мм.}$$

С учетом повышения точности

$$\rho_{точ1} = K_i \cdot \rho_{заг}, \quad (10)$$

где  $K_i$  – коэффициент уточнения.

Тогда для четырех переходов

$$\rho_{точ1} = K_1 \cdot \rho_{заг} = 0,06 \cdot 1,6 = 0,096 \text{ мм.}$$

$$\rho_{точ2} = K_2 \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot 1,6 = 0,08 \text{ мм.}$$

$$\rho_{шл2} = K_3 \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 1,6 = 0,064 \text{ мм.}$$

$$\rho_{шл2} = K_4 \cdot \rho_{заг} = 0,03 \cdot 1,6 = 0,048 \text{ мм.}$$

Расчеты занесем в таблицу 3. Схема расположения припуска представлена на рисунке 2.

Таблица 3- Расчет припуска

Переход	Элемент припуска, мкм				Td, мм	2·Z, мм		D, мм	
	T	R <sub>z</sub>	ρ	ε <sub>ц</sub>		min	max	min	max
Заготовка	250	150	1600	-	1,6	-	-	74,842	76,442
Точение черновое	50	50	96	-	0,4	4	6,6	70,842	71,242
Точение чистовое	30	30	80	-	0,12	0,392	0,672	70,45	70,57
Шлифование Чистовое	15	5	64	-	0,03	0,28	0,37	70,17	70,2
Шлифование тонкое	5	2,52	48	-	0,019	0,168	0,179	70,002	70,021

В таблице 3 приняты следующие обозначения: Td – допуск; Z – припуск на сторону; D – диаметр.

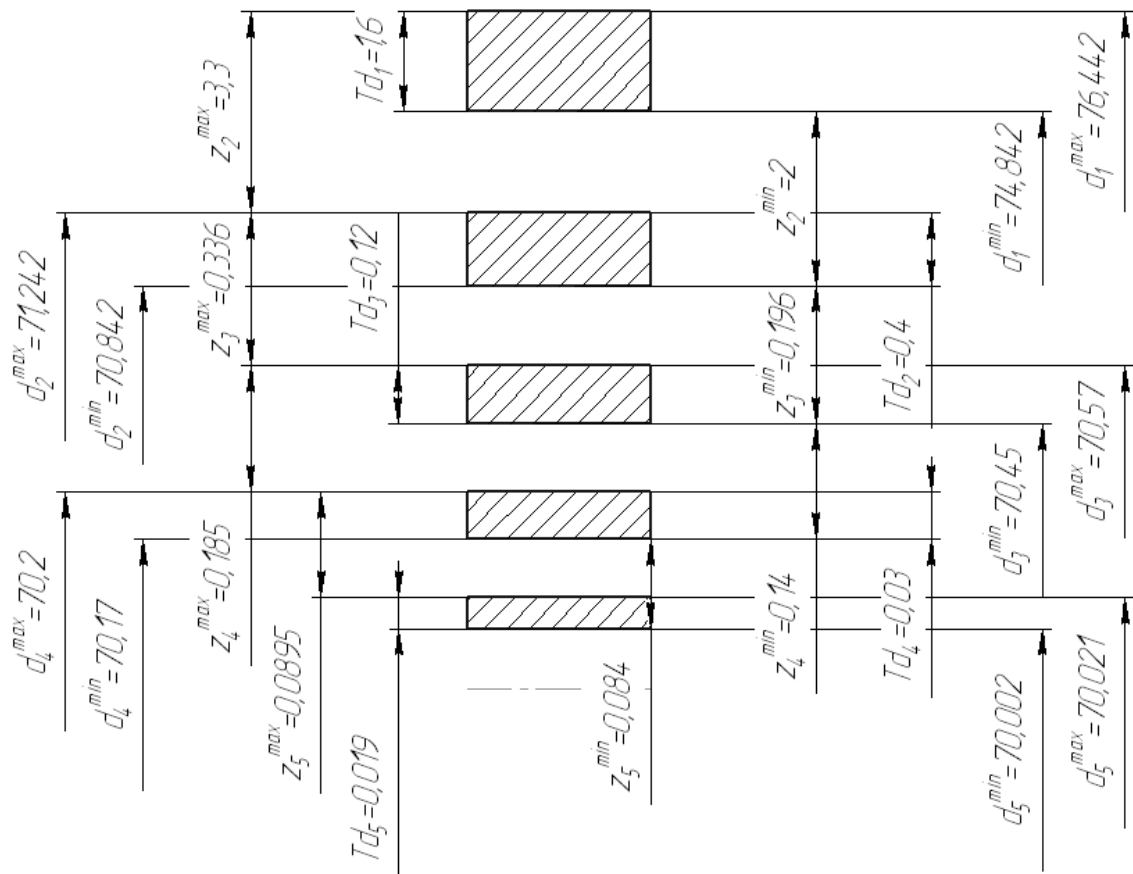


Рисунок 2 - Схема расположения припуска

Результаты расчета используют для проектирования заготовки.

## 2.5 Проектирование заготовки

Для штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе основные параметры будут такие. Штамповочные уклоны не более  $5^\circ$ . Радиусы закруглений не более 5 мм.

Для назначения табличных допусков и припусков по ГОСТ 7454-89 необходимо выбрать исходные параметры для определения исходного индекса. Для 30ХГСА группа стали – М2; для конфигурации вала степень сложности – С2; для пресса ГКШП класс точности – Т2. Тогда по номограмме исходный индекс равен 10 [9].

Определенные по ГОСТу значения допусков и припусков занесены в таблицу 4.

Таблица 4 - Допуски и припуски заготовки

Размер, мм	Припуск, мм	Отклонения, мм	Размер штамповки, мм
Диаметр 70	1,6	+1,1 -0,5	Размер, полученный аналитическим расчетом: диаметр $73,2^{+1,1}_{-0,5}$ мм Диаметр 72,08. На данную поверхность принят напуск.
Диаметр 70	1,2	+1,1 -0,5	Диаметр $72,4^{+1,1}_{-0,5}$
Диаметр 90	1,2	+1,1 -0,5	Диаметр $92,4^{+1,1}_{-0,5}$
Диаметр 152	1,3	+1,3 -0,7	Диаметр $154,6^{+1,3}_{-0,7}$
Диаметр 78	1,6	+1,1 -0,5	Диаметр $81,2^{+1,1}_{-0,5}$
Диаметр 78	1,2	+1,1 -0,5	Диаметр $80,4^{+1,1}_{-0,5}$
Длина 70	1,2	+1,1 -0,5	$72,4^{+1,1}_{-0,5}$
Длина 61	1,2	+1,1 -0,5	$62,2^{+1,1}_{-0,5}$
Длина 12	1,5	+0,9 -0,5	$13,5^{+0,9}_{-0,5}$
Длина 240	1,4	+1,6 -0,9	$242,8^{+1,6}_{-0,9}$
Длина 35	1,2	+1,1 -0,5	$35,2^{+1,1}_{-0,5}$

Все данные перенесены на чертеж заготовки.

## 2.6 Разработка маршрута

В таблице 5 представлена маршрутная технология в виде перечня операций, куда входят выбранные и указанные в таблице 2 отдельные технологические переходы. Для соответствующих операций показано выбранное технологическое оборудование.

## 2.7 Разработка схем базирования

Для установки вала-шестерни применим типовую схему с центральными базирующими отверстиями.

Таблица 5 – Разработанный технологический маршрут

Операция	Наименование	Оборудование	Содержание	IT	Ra
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная	КГШП	Штамповка	16	40
005	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-76АМ	Переход 1: фрезерование поверхностей 1,5. Переход 2: сверление центровочных отверстий	11 8	12,5 6,3
010	Токарная черновая	Токарный станок УТ-300SM	Точение поверхностей 2,3,4,6,7,8,9,20, 24	13	12,5
015	Токарная чистовая	Токарный станок УТ-300SM	Точение поверхностей 2,3,4,6,7,8,9, 13-19,20, 24	10	2,5
020	Шлицефрезерная	Горизонтально-фрезерный станок 6Р80	Фрезерование поверхностей 23, 25	8	1,25
025	Зубофрезерная	Вертикальный зубофрезерный станок 53А80	Фрезерование поверхностей 21, 22	7 ст. точн	2,5
030	Шевинговальная	Зубошевинговальный станок 5Б703	Шевингование поверхности 22	6 ст. точн	2,5
035	Токарная	Токарный станок УТ-300SM	Переход1: сверление поверхностей 10,11,12. Переход2: растачивание поверхностей 11,12	12 11	12,5 6,3
050	Термообработка	-	-	-	-
055	Центрошлифовальная	Центрошлифовальный станок 3922Е	Шлифование центровочных	8	1,25

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
			отверстий		
060	Шлифование	Торцекруглошлифова	Шлифование	8	2,5
	Чистовое	льный полуавтомат КШ-3М	поверхностей 2,4,7, 8	-	-
065	Шлифование тонкое	Торцекруглошлифова льный полуавтомат КШ-3М	Шлифование поверхностей 2,4,7,8	6	0,63

Так как деталь имеет сквозное центральное отверстие диаметром 50 мм, на первой стадии технологического процесса предполагается обрабатывать сплошную заготовку без этого отверстия [19].

Для этого на первой фрезерно-центральной операции проводится обработка центровых отверстий с двух сторон. Схема базирования: двойная направляющая по шейкам под подшипники и упор в торец поверхность 3.

На следующих токарных операциях установка идет попеременно на двух установках с зажимом в трех кулачковый патрон с поджимом задним центром. Схема базирования получается такая же, двойная направляющая и две опорные базы [18].

На операции по нарезанию шлицев и зубофрезерованию установка ведется в цанговый патрон с поджимом задним центром [19].

После чистовой зубообработке шевингованием, проводится высверливание центрального отверстия с растачиванием центральной выточки, находящейся в зубчатом венце. Установку проводим в патроне и самоцентрирующем люнете [20].

После термообработки - нормализации, происходит обработка чистовых технологических баз для шлифования, которыми будут являться центровые фаски центрального отверстия, полученные на последней токарной операции.

После этого идет две последовательные шлифовальные операции с установкой в поводковый патрон с поджимом грибковым центром.

## 2.8 Выбор оснащения

В таблице 6 для каждой операции, с учетом выбранного станка, предлагаются выбранные зажимное приспособление для установки заготовки, а также в таблице 7 режущий инструмент [14] для всех переходов, которые показаны в таблице 8, а также представлены средства контроля для операционных измерений [16] в таблице 9.

Таблица 6 - Выбор технологического оборудования

Операц ия	Наименование оборудования	Габариты станка	Рабочая зона		Диапазо н и число скорост ей (об/мин)	Диапазон подачи и число подач мм/об (мм/мин)	N, кВт
			длин а (L)	шири на (D)			
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фрезерно- центровальный полуавтомат MP-76AM	3085x1415 x2080	1000	800	270- 1254 7 скорост ей	20-400	6,7
010, 015, 035	Токарный станок UT-300SM	300x1900x 2000	312	610	12,5- 3500; бесступ енчатый	продольна я: 3-200 поперечна я: 1,5-600 Б/с	15
020	Горизонтально- фрезерный станок 6P80	3360x1710 x1750	1000	400	12,5- 2000; 22 скорост и	продольна я: 3-200 поперечна я: 1,5-600 Б/с	10
025	Вертикальный зубофрезерный станок 53A80	4200x2300 x2350	600	500	12,5- 1000; 1 скорост и	продольна я: 3-200 поперечна я: 1,5-600 Б/с	14
030	Зубошевинговальн ый станок 5B703	3200x1800 x1480	300	200	270-900 8 скорост ей	20-300	5,2
055	Центрошлифоваль ный станок 3922E	1315x1205 x1350	1000	500	63-2800 12 скоро сть	-	5,5

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
060	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3М	1940x1800 x1600	360	200	0-700 б/с	-	10
065	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3М	1940x1800 x1600	360	200	0-700 б/с	-	10

Для установки вал-шестерни на операциях механической обработки применяются приспособления универсальные и специализированные наладочные.

Таблица 7 - Выбор станочного приспособления

№ опер.	Наименование оборудования	Наименование приспособления	Установочный элемент	Зажимной элемент
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-76АМ	Тиски самоцентрирующие с призматическими губками 7200-0253; ГОСТ 2167-75	Призма установочная	
010	Токарный станок УТ-300SM	Патрон самоцентрирующий ГОСТ 2571-712 Центр ГОСТ 8742-75	Центр	Кулачки
010	Токарный станок УТ-300SM	Патрон ГОСТ 2571-712 Центр вращающийся d=25 мм; D=63 мм; L=180 мм; ГОСТ 8742-75	Центр	Кулачки
015	Токарный станок УТ-300SM	Патрон 6152-0141 ГОСТ 2571-71 Центр вращающийся d=25 мм; D=63 мм; L=180 мм; ГОСТ 8742-75	Центр	Кулачки
020	Горизонтально-фрезерный станок 6Р80	Патрон 6152-0141 ГОСТ 2571-71 Головка делительная	Призма установочная	
025	Вертикальный зубофрезерный станок 53А80	1. Патрон. 2. Центр вращающийся d=25 мм; D=63 мм; L=180	Центр	Кулачки

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
		мм; ГОСТ 8742-75		
030	Зубошевинговальный станок 5Б703	Патрон цанговый. Центр вращающийся d=25 мм; D=63 мм; L=180 мм; ГОСТ 8742-75	Центр	Лепестки цанги
035	Токарный станок УТ-300SM	Патрон трех кулачковый 7102-0066	Кулачки	
-	-	ГОСТ 24351-80; Люнет самоцентрирующий	-	-
055	Центрошлифовальный станок 3922Е	Тиски самоцентрирующие с призматическими губками 7200-0253; ГОСТ 2167-75	Призма установочная	-
060	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3М-	1. Патрон поводковый 6152-0141 ГОСТ 2571-71; 2. Центр грибковый DS2x70(60°) DIN 228 (ГОСТ 25557-82)	Центр-	Поводок-
065	Круглошлифовальный полуавтомат КШ-3М	1. Патрон поводковый 6152-0141 ГОСТ 2571-71 2. Центр грибковый DS2x70(60°) DIN 228 (ГОСТ 25557-82)	Центр	Поводок

Необходимо, чтобы данные приспособления имели возможность переналадки на обработку других деталей типа ступенчатый вал, так как производство относится к среднесерийному типу [9].

Инструмент также выбираем из категории универсальных. Это дает возможность обработки различных поверхностей у разных деталей.

Выбор инструментального материала определяется материалом заготовки углеродистой легированной стали 30ХГСА.

Средства контроля выбираем из категории оснастки для абсолютных измерений, универсальных.



Таблица 8 - Выбор режущего инструмента

№ операции	Режущий инструмент	Метод обработки	Инструментальный материал	Размеры
1	2	3	4	5
005	Фреза торцовая ГОСТ 9304-69 Ø80	Фрезерование;	P6M5	Диаметр 70
	Сверло центровочное, А 6,3 , ГОСТ 14952-80	Сверление.	P6M5	Диаметр 6,3
010	Резец для контурного точения	Точение	T5K10	L=150 мм; B=32 мм
015	Резец для контурного Точения	Точение	T55K6	L=150 мм; B=32 мм
020	Фреза фасонная	Фрезерование	P6M5	Диаметр 60мм
025	Фреза червячная ГОСТ 9324-80	Зубофрезерование	P9K10	Диаметр 100мм
030	Шевер дисковый А ГОСТ 8570-80	Шевингование	P9Ф5	Диаметр 180мм
035	Сверло спиральное ГОСТ 10903-77	Сверление	P6M5	Диаметр 45мм, L=500 мм
	Зенкер насадной со вставными ножами ГОСТ 12510-71	Зенкерование	P6M5	Диаметр 50мм, L=300 мм
	Фасонный резец; Резец канавочный внутренний 2128-0040	Растачивание	T15K6	L=240 мм; n=25 мм; D=32 мм. 32x32
050	-	ТО	-	-
055	Головка шлифовальная коническая EW30x40x6 25A F40 P7 V 35м/с А ГОСТ 2447-82	Шлифование	Электрокорунд белый	
060, 065	Круг шлифовальный с выточкой 5 500x80x123 24A 40N 7 V5 35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007	Шлифование	Электрокорунд белый	500x80x123

Таблица 9 - Выбор средств контроля и измерений

№ операции	Контролируемый параметр	Номинальное значение параметра	Допуск	Средство контроля	Погрешность измерительного средства	Допускаемая погрешность измерения
1	2	3	4	5	6	7
005	Л	240	0,3		0,025	0,1

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7
				Штангенциркуль ЩЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89		
010	2А 2Б 2В 2Д	72,24 79 153,82 79	0,46 0,46 0,63 0,46	Штангенциркуль ЩЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89	0,025	0,1
-	2Е Р С Т У Ф	72,24 180 118,95 119 192,9 205,77	0,46 0,46 0,46 0,46 0,46 0,46	-	-	-
015	2А 2Б 2В 2Д 2Е Р С Т У Ф	70,35 78,15 152 78,15 70,35 179 118 118,23 192 204,23	0,35 0,12 0,16 0,12 0,35 0,23 0,21 0,21 0,23 0,23	Штангенциркуль ЩЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89	0,025	0,1
020	Э Ы	7 8	0,027 0,26	Микрометр МК- 50 ГОСТ 6507- 78	0,001	0,001
025	-	-	8 ст. точн.	Прибор БВ-5061 цехового типа	-	-
030	-	-	7 ст. точн	Прибор БВ-5061 цехового типа	-	-
035	2F	50	0,16	Штангенциркуль ЩЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89	0,025	0,1
055	2Н	60	0,046	Шаблон		
060	2А 2Е 2Д С Ф	70,02 70,02 78,02 118,03 204,03	0,046 0,046 0,046 0,08 0,1	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098- 75 Профилометр TR-110	0,002	0,005
065	2А 2Е 2Д С Ф	70 70 78 118 204	0,019 0,019 0,019 0,05 0,08	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098- 75 Профилометр TR-110	0,002	0,005

Все оснащение показано в приложении А.

## 2.9 Разработка технологических операций

Расчет режимов резания на 010 токарную операцию [8]. Согласно технологическому маршруту будем использовать токарный станок с ЧПУ Assuway UT 300. Данный станок позволяет обрабатывать наружные цилиндрические поверхности, торцы, обработку концевым вращающимся инструментом, фрезерные переходы и т.д. На данном станке можно выполнять как черновые, так и чистовые переходы.

Исходные данные для расчета по переходам для чернового точения поверхностей – обработка по корке штамповки [24].

Обрабатываемый материал – сталь 30ХГСА.

Для обработки канавок, нарезания резьбы, чистовой обработки – поверхность обработанная.

Используется патрон с механизированным приводом с поджимом задним центром. Смена детали – ручная.

Используемый инструмент: резец токарный контурный сборный с механическим креплением твердосплавной пластины T15K6,  $\varphi=95^\circ$  DCLNL 2020K09.

Глубину резания из таблицы 2 -  $t=2$  мм при снятии напуска. Для точения по контуру принимаем  $0,45$  мм [15].

Подача с учетом прочности инструмента принимается  $S=0,3$  мм/об [13]. Скорость резания

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \cdot K, \quad (11)$$

где  $C_v$  - основной коэффициент;

$T$  –экономическая стойкость для серийного производства, мин;

$t$  – расчетный припуск, мм;

$m, x, y$  - уточняющие показатели степени;

$K_v$  - поправочный коэффициент для точения.

Принимаем основной коэффициент равным 350, экономическая стойкость резца 40 мин, расчетный припуск 2 мм,  $m=0,20$ ,  $x=0,15$  и  $y=0,35$ .

Поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пv} \cdot K_{ив}, \quad (12)$$

где  $K_{mv}$  - коэффициент для материала заготовки 30ХГСА;

$K_{пv}$  - коэффициент обработанной поверхности заготовки;

$K_{ив}$  - коэффициент материала инструмента (твердый сплав).

Коэффициент по поверхности  $K_{пv}$  примем 0,8 -, для твердого сплава  $K_{ив}$  равен 1.

Для материала с пределом прочности  $\sigma_B$  равным 1080 МПа

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (13)$$

где  $n_v$  - показатель степени при обработке материала резцом из твердого сплава ( $n_v = 1$ ).

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{1080} \right)^1 \approx 0,69.$$

$$K_v = 0,69 \cdot 0,8 \cdot 1 \approx 0,56.$$

$$V = \frac{320}{40^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,56 \approx 104 \text{ м/мин.}$$

Определяем обороты шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (14)$$

где  $V$  – расчетная скорость, м/мин;

$D$  - диаметр шейки, мм.

Для максимального и минимального диаметров

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 152} \approx 220 \text{ мин}^{-1}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 70} \approx 440 \text{ мин}^{-1}.$$

Частоту не корректируем, так как станок с бесступенчатым регулированием.

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n. \quad (15)$$

$$S_m = S \cdot n = 0,3 \cdot 440 = 132 \text{ мм/мин.}$$

Тангенциальная сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (16)$$

где  $C_p$  - базовый коэффициент;

$x, y, n$  - показатели степени;

$K_p$  - поправочный коэффициент:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (17)$$

где  $K_{mp}$  - поправочный коэффициент на качество материала;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$  - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания.

Поправочный коэффициент  $C_p$  примем 300, показатели степени  $x=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$ , а для геометрии инструмента на главный угол в плане коэффициент  $K_{\varphi p} = 0,89$ , на передний угол  $K_{\gamma p} = 1,0$  и наклона кромки  $K_{\lambda p} = 1,0$ .

Поправочный коэффициент на сталь

$$K_{\text{MP}} = \left(\frac{\sigma_{\text{В}}}{750}\right)^n. \quad (18)$$

где  $n$  – показатель степени примем равным 0,75.

Тогда

$$K_{\text{MP}} = \left(\frac{1080}{750}\right)^{0,75} \approx 1,3.$$

$$K_p = 1,3 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \approx 1,17.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot (2)^{1,0} \cdot (0,3)^{0,75} \cdot (104)^0 \cdot 1,17 \approx 2846 \text{ Н}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (19)$$

$$N = \frac{2846 \cdot 104}{1020 \cdot 60} \approx 4,83 \text{ кВт}.$$

Проверка мощности станка по условию нагрузки:

$$N_e \leq N_{\text{Э,ДВ}} \cdot \eta, \quad (20)$$

где  $N_{\text{Э,ДВ}}$  - мощность станка, кВт ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия привода, который равен 0,9.

$$4,83 \leq 7,5 \cdot 0,9 = 6,8.$$

Условие соблюдается, значит, обработка возможна.

На данной операции также выполняются другие переходы.

Для них, а также на операции для которых разработаны наладки, режимы обработки считаются аналогично и сведены в таблицу 10.

Результаты расчета режимов резания на самую ответственную операцию также показаны в операционной карте в приложении А.

## 2.10 Расчет норм времени

«Штучное время [12]:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{от}, \quad (21)$$

где  $T_o$  – основное время;

$T_v$  – вспомогательное время;

$T_{об}$  – время на обслуживание рабочего места;

$T_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности», [11].

Таблица 10 – Результат проектирования операции

Операция, переход	Скорость резания, м/мин	Подача на оборот, мм/об	Минутная подача, мм/мин	Глубина резания, мм	Частота вращения, об/мин	Максимальная мощность резания, кВт	Крутящий момент, Нм
010, Точение черновое: предваритель ная обработка	104	0,3	124	2	440	4,83	63,2
010, чистовая обработка	128	0,25	146	0,45	582	0,7	11,1
010, Точение канавок	128	0,25	131	0,5	522	7,5	129,4
015 операция Нарезание резьбы	75	1,25	439	1,25	351	0,5	12
035, Сверление отверстия	65	0,2	83	25	414	14,7	322
035, расточивание	125	0,25	131	2	524	3	52
025 фрезерование	75	2,5	1035	2	414	2,6	31

Основное время:

$$T_0 = \frac{(l_1 + l_p + l_2) \cdot i}{S_{\text{мин}}}, \quad (22)$$

где  $l_1$  - длина подвода инструмента к заготовке, мм;

$l_p$  - длина резания, мм;

$l_2$  - длина перебега режущего инструмента, мм;

$i$  - число проходов;

$S_{\text{мин}}$  - минутная подача.

Тогда для перехода черного с учетом точения по контуру и снятию напуска, а также размеров торцов

$$T_0 = \frac{(2 \cdot 5 + 480 + 1 \cdot 5)}{0,3 \cdot 440} \approx 3,75 \text{ мин.}$$

Добавим найденное аналогично время на переходы: точение чистовое, обработку канавок 2,1 и 0,07 мин соответственно.

Вспомогательное время складывается из времени на установку и снятия вала-шестерни в приспособлении, управление станком, на операционный контроль. Все данные берутся из соответствующего стандарта для массового производства [9]. Для приведения его к серийному используется поправочный коэффициент  $K_{\text{ср}}$ :

$$T_{\text{в}} = (T_{\text{у.с.}} + T_{\text{з.о.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{из}}) \cdot K_{\text{ср}}, \quad (23)$$

где  $T_{\text{у.с.}}$  - время базирования и снятие вала-шестерин;

$T_{\text{з.о.}}$  - время фиксации и раскрепления вала;

$T_{\text{уп}}$  - время на управление;

$T_{\text{из}}$  - время измерения, мин;

$K_{\text{ср}}$  - коэффициент для серийного производства, который принимаем равным 1,85.



$$T_B = (0,141 + 0,024 + 0,09 + 0,19) \cdot 1,85 = 0,82 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{оп} = T_B + T_o. \quad (24)$$

$$T_{оп} = T_B + T_o = 5,92 + 0,82 = 6,74 \text{ мин.}$$

Время на обслуживания:

$$T_{об} = T_{оп} \cdot \frac{a}{100}. \quad (25)$$

где  $a$  – параметр загрузки станка в серийном производстве.

Для токарного станка

$$T_{об} = 6,74 \cdot \frac{6}{100} \approx 0,4 \text{ мин.}$$

Время на отдых:

$$T_{от} = T_{оп} \cdot \frac{b}{100}. \quad (26)$$

где  $b$  – процент для вал-шестерни массой не более 10 кг.

$$T_{от} = 6,74 \cdot \frac{5}{100} \approx 0,34 \text{ мин.}$$

С учетом всех переходов и пересчитанного дополнительного времени

$$T_{шт} = 6,74 + 0,78 = 7,52 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт-к} = \frac{T_{шт-з}}{n} + T_{шт}. \quad (27)$$

где  $n$  – партия запуска (24 вала).

Тогда итоговая норма времени на 010 операцию

$$T_{шт-к} = \frac{20}{24} + 7,52 = 8,4 \text{ мин.}$$

Для 035 операции со сверлением и растачиванием основное время составит суммарно 6,75 мин. С учетом вспомогательного времени, обслуживания и на отдых, штучное время 8,25 мин, а штучно-калькуляционное 9,1 мин. Лимитирующей операцией оказалась 035.

Для фрезерной операции режимы резания и нормы времени назначались аналогично.

Представлены результаты в приложении А в операционных картах, а также на листах наладок.

#### Выводы по разделу

В разделе спроектирована технология для среднесерийного производства по изготовлению вала-шестерни. В качестве исходной заготовки принята штамповка.

С учетом исходной заготовки выбраны методы обработки, которые сконцентрированы на четырех технологических операциях. Это позволяет снизить количество перестановок заготовки, количество переходов и повысить точность обработки.

Спроектированы технологические операции по лезвийной обработке, черновому и чистовому обтачиванию, точению канавок, нарезанию резьбы, а также обработке различных отверстий.

Назначены технологические режимы, а также проведен расчет норм времени по операционно.

### **3 Разработка специальной технологической оснастки**

#### **3.1 Проектирование зажимного приспособления**

Проектирование зажимного приспособления начинается со сбора исходных данных, к которым относятся параметры материала заготовки, вид обработки, особенности режущего инструмента, а также режимы обработки. Данные параметры были приняты или рассчитаны в разделе 2.

Вид и материал заготовки – штамповка из 30ХГСА.

Операции токарные выполняются последовательно, включая различные технологические переходы - точение черновое и чистовое, нарезание резьбы и сверление с растачиванием. Расчет необходимо вести для чернового точения и сверления, так как на этих переходах снимается максимальный припуск и возникают наибольшие силы резания, которые стремятся сместить заготовку.

Для точения используются контурный токарный сборный резец. Материал режущей пластины Т15К6

Режимы резания для чернового перехода: по расчету припуска глубина резания  $t$  равна 2 мм. Подача с учетом жесткости  $S$  равна 0,3 мм/об, а скорость резания  $V$  составит 104 м/мин. При сверлении аналогичные параметры 25 мм, 0,2 мм/об и 65 м/мин.

Для зажима применим универсальное наладочное приспособление – самоцентрирующий трех кулачковый патрон с рычажным механизмом [1].

Для расчета сил закрепления необходимо знать сдвигающие усилия, которые найдем из расчета составляющих сил резания: тангенциальной, осевой и радиальной.

Операционный эскиз показан на рисунках 3 и 4.

Расчет радиальной и осевой составляющих сил резания аналогичен формуле (16) [4]:

$$P_{y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (28)$$

где  $C_p$  - поправочный базовый коэффициент;

$x, y, n$  – показатели степени для конкретных условий обработки;

$K_p$  - поправочный коэффициент.

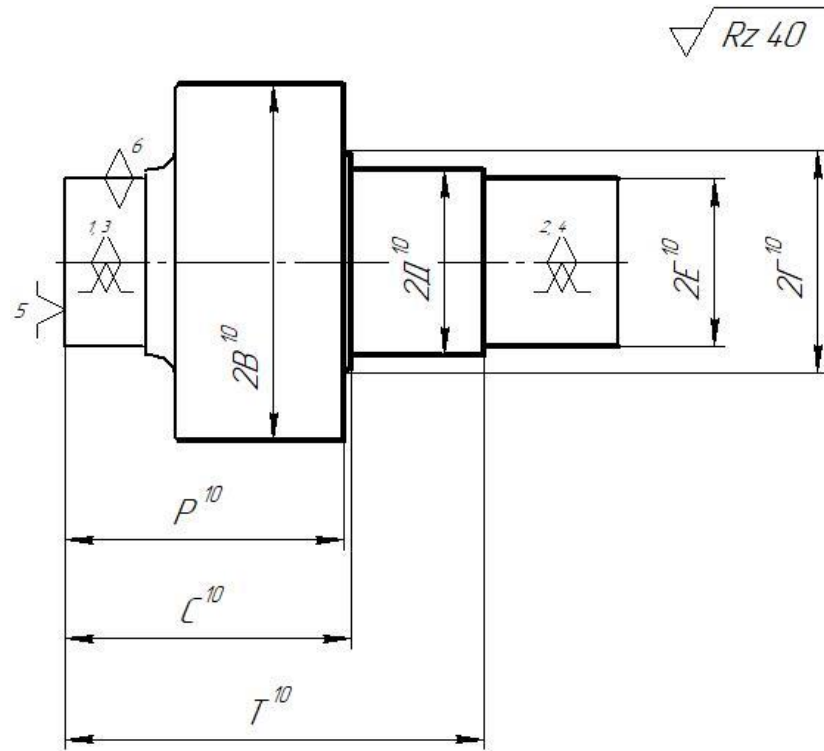


Рисунок 3 -Схема базирования (операция 010)

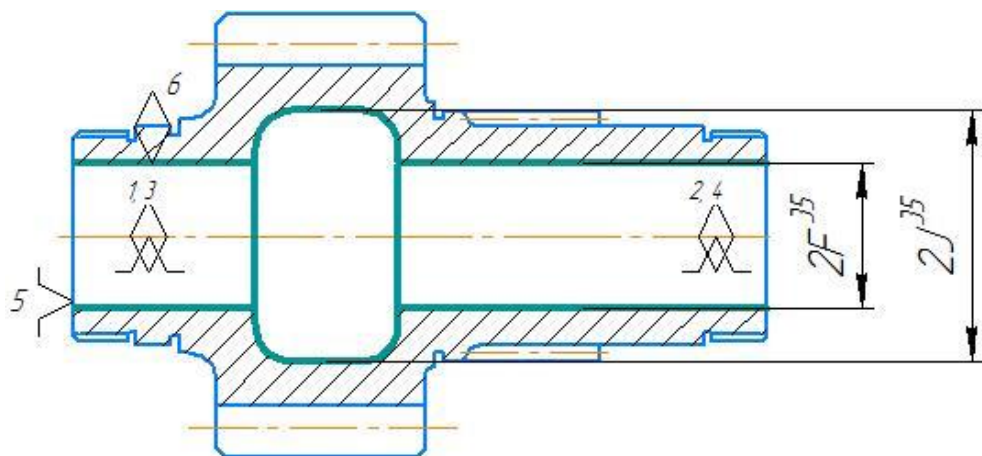


Рисунок 4 – Схема базирования (операция 035)

Все коэффициенты находим по формулам (14), (15). Только коэффициенты и показатели изменяем соответственно для осевой и радиальной составляющих сил.

Для осевой силы поправочный коэффициент  $C_p$  примем 339, показатели степени  $x=1,0$ ;  $y=0,5$ ;  $n=-0,4$ , а для геометрии инструмента на главный угол в плане коэффициент  $K_{\varphi p} = 1,17$ , на передний угол  $K_{\gamma p} = 1,0$  и наклона кромки  $K_{\lambda p} = 0,85$ , радиуса 1.

Для радиальной составляющей поправочный коэффициент  $C_p$  примем 243, показатели степени  $x=0,9$ ;  $y=0,6$ ;  $n=-0,3$ , а для геометрии инструмента на главный угол в плане коэффициент  $K_{\varphi p} = 0,5$ , на передний угол  $K_{\gamma p} = 1,0$  и наклона кромки  $K_{\lambda p} = 1,25$ , радиуса 0,82.

Поправочный коэффициент на сталь 30ХГСА

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{1080}{750}\right)^{0,75} = 1,31.$$

$$K_p = 1,31 \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 0,67.$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot (2)^{0,9} \cdot (0,3)^{0,6} \cdot (104)^{-0,3} \cdot 0,67 = 366 \text{ Н.}$$

Для осевой силы

$$K_p = 1,31 \cdot 1,17 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 1,3.$$

$$P_y = 10 \cdot 339 \cdot (2)^1 \cdot (0,3)^{0,5} \cdot (104)^{-0,4} \cdot 1,3 = 753 \text{ Н.}$$

Для тангенциальной силы

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot (2)^{1,0} \cdot (0,3)^{0,75} \cdot (104)^0 \cdot 1,17 \approx 2846 \text{ Н.}$$

Схема действия сил резания и закрепления приведена на рисунке 5.

Три составляющих вырывают заготовку вал-шестерни. При обработке заготовка удерживается при помощи кулачков, действующих симметрично с трех сторон. Они фиксируют заготовку. Также действует поджимной центр, который противодействует поперечной силе. Возникающие силы трения между кулачками и базовой поверхностью, а также между центровым отверстием и центром, препятствует ее смещению от суммарного действия силы резания [21].

Данная сдвигающая нагрузка складывается из осевой, радиальной и тангенциальной. Осевую в данном случае составляющую можно исключить из расчета, поскольку она прижимает заготовку к опорной поверхности кулачков [23].

Радиальный и тангенциальный векторы силы резания создают момент резания, который имеет максимальную величину при обработке шейки на максимальной длине от кулачков, где плечо действия сил максимальное на максимальном диаметре. При этом расстояние по длине равно 240 мм и 118 мм, а по диаметру 90 мм и 152 мм соответственно.

Для сверлильного перехода сила резания

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (29)$$

где  $C_M$  - поправочный базовый коэффициент;

$q, y$  – показатели степени для конкретных условий обработки;

$K_p$  - поправочный коэффициент.

После подстановки данных

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 50^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,31 = 312 \text{ Н.}$$

Для обтачивания момент крутящий равен 228 Н.

Выбираем для расчета менее благоприятную ситуацию для сверления.

Общая схема сил показана на рисунке 5.

Вращению заготовки будет препятствовать сила закрепления.

Соответственно, для нахождения зажимной силы необходимо составить уравнения статического равновесия [17].

Из данного уравнения выведем силу зажима, необходимую для предотвращения вращения заготовки с учетом коэффициента безопасности

$$W_{Pz} = \frac{k \cdot M_{кр}}{f \cdot d_3 / 2}, \quad (30)$$

где  $M_{кр}$  – момент резания, Н;  
 $f$  – коэффициент трения на рабочей поверхности прихвата;  
 $k$  – коэффициент запаса;  
 $d_3$  – плечо действия сил закрепления, м.

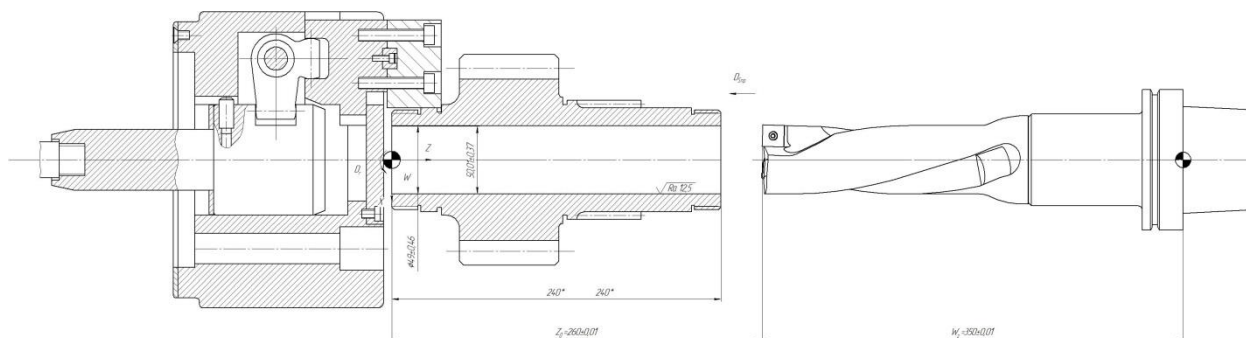


Рисунок 5 -Схема сил резания и зажима

Коэффициент запаса  $k$ :

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (31)$$

где  $k_0$  – минимальный коэффициент безопасности,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – параметр, учитывающий случайности сил резания для черновой обработки. Он возникает из-за неровностей обрабатываемой поверхности,  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – параметр учитывает износ инструмента,  $k_2=1,1$ ;

$k_3$  – параметр, учитывающий прерывистое резание. В данном случае у нас непрерывное резание и  $k_3 = 1$ ;

$k_4$  – параметр учитывающий механизацию зажима и в данном случае  $k_4=1$ ;

$k_5$  – параметр, учитывающий эргономику ручного привода зажима. В данном случае он отсутствует  $k_5 = 1$ ;

$k_6$  – коэффициент, который не учитываем, так как заготовка не опирается на плоские штыри [19].

$$k=1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,1=1,5.$$

Округляем до минимального стандартного – 2,5.

С учетом того, что установочная поверхность механически обработана и имеет не грубую структуру, коэффициент трения  $f$  примем равным 0,2.

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot 312}{0,2 \cdot 0,07} = 55714 \text{ Н}.$$

Для дальнейших расчетов принимаем  $W$  равной 55714 Н.

Так как кулачки перемещаются в направляющих пазах корпуса, в которых они скользят по Т-образным пазам, возникают изгибающие моменты, приводящие к затиранию по этим направляющим. Необходимо учесть потери части нагрузки, которая возникает при действии давления рабочей среды.

Увеличенная сила зажима  $W_1$ :

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left( \frac{l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)}, \quad (32)$$

где  $l_1$  – вылет кулачка от оси направляющей до места приложения силы закрепления, м;

$H_k$  – длина трения, м;

$f_1$  - коэффициент трения в направляющей, принимаем  $f_1=0,1$ .

Параметры примем конструктивно.

$$W_1 = \frac{55714}{1 - \left( \frac{78}{70} \cdot 0,1 \right)} = 62600 \text{ Н}.$$

В данном случае усилие на штоке  $Q$  не равняется усилию на кулачке, так как используется передаточный рычажный зажимной механизм, приводящий к его усилению.



С учетом соотношения плеч рычага получаем по [20] силовое передаточное отношение равное 1,5. Тогда сила на штоке будет в 1,5 раз меньше, то есть 41733 Н.

Для расчета силового привода необходимо найти диаметр поршня, который будет создавать усилие зажима. Этот диаметр зависит от давления рабочей среды, а также потерь в системе

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\eta P}}, \quad (33)$$

где  $P$  – избыточное давление рабочей среды.

Примем первоначально  $P = 5$  МПа.

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{41733}{5}} = 103 \text{ мм.}$$

Принимаем  $D = 120$  мм.

Погрешность закрепления и установки в данном приспособлении определяется неточностью изготовления рычажного узла и зазорами в сопряжениях направляющих элементов [10].

В данном случае общая погрешность складывается из следующих составляющих. Погрешность размера плеч рычага и сменного кулачка. Также влияет зазор в сопряжении рычажных опор в центровке и в постоянном кулачке.

Погрешность установки детали в приспособлении равна:

$$\varepsilon_v = \sqrt{2(S_{MAX})^2 + 2Tl^2}, \quad (34)$$

где  $S_{MAX}$  – зазор максимальный, мм;

$Tl$  – допуски на плечи рычагов, мм.

Зазор

$$S_{MAX} = S_{MIN} + H_{наз} + d_{II}, \quad (35)$$

где  $S_{MIN}$  – зазор минимальный, мм;

$H_{\text{паз}}$  – допуск на пазы, мм;

$d_{\text{п}}$  – допуск на размер опор рычага, мм.

$$\varepsilon_v = \sqrt{2(0,01 + 0,016 + 0,016)^2 + 2 \cdot 0,016^2} = 0,064 \text{ мм.}$$

Приспособление специализированное, наладочное предназначено для установки вала-шестерни на операциях токарных [6].

Самоцентрирующий патрон состоит из гидравлического привода 1 зажима с муфтой 2, к которой присоединяется гидравлическая система подачи рабочей среды под давлением в 5 МПа. В корпусе патрона в центральном отверстии перемещается центровик 4 в виде ступенчатого вала. В резьбовую часть центровика вкручивается тяга 5, на левый конец которой закрепляется втулка 6. В радиальное отверстие центровика 4 запрессован штифт 12. В трех радиальных пазах корпуса 3 перемещаются постоянные кулачки 7. В выточках корпуса 4 на осях 11 поворачиваются рычаги 9. На одном конце рычага 9 через ось 13 и вставку 14 он входит в паз центровика 4, а другим концом через такое сопряжение - в паз постоянного кулачка 7. На них при помощи шпонки 16, закрепленным винтом 17, устанавливается сменный кулачок 8, который закрепляется винтами 18. Для защиты внутренней полости корпуса используется крышка 15, закрепленная винтами 19.

Приспособление работает следующим образом. Рабочее давление среды подается в правую область гидравлического привода 1. Поршень этого привода 1 через втулку 6 тянет тягу 5 с центровиком 4. Рычаги 9 поворачиваются по часовой стрелке и смещают постоянные 7 и сменные 8 кулачки. Происходит базирование и закрепление заготовки. Раскрепление происходит в обратном порядке.

Спецификация на патрон дается в приложении Б.

## 3.2 Проектирование инструмента

На операции 035 токарной обрабатывается отверстие диаметром 50 горизонтально насквозь с одной стороны по длине 240 мм в заготовке из стали 30ХГСА на токарном станке.

Спроектируем сверло для однократного сверления сразу на 50 мм на длину 240 мм. Режущая часть сборная с пластинами. Державка с винтовыми пазами (рисунок 6) [14].

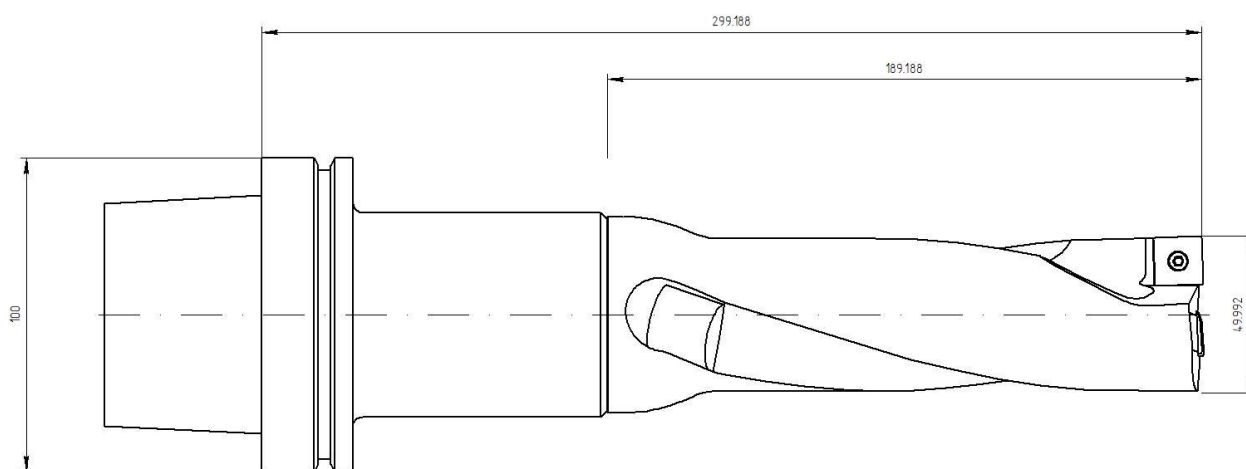


Рисунок 6 – Сверло для обработки центрального отверстия

Хвостовик обеспечивает максимальный вылет 350 мм. Возможен подвод СОЖ к инструменту через центральное отверстие. Материал корпуса сталь. Хвостовик державки имеет центрирующую шейку типа Coromant Capto. Возможен подвод СОЖ через внутренний канал [3].

Данный тип инструмента обеспечивает высокую стабильность процесса сверления из-за высокой жесткости поперечной державки и точного подвода СОЖ в зону обработки.

Данный инструмент по сравнению с обычным спиральным сверлом позволяет увеличить подачу и снизить время обработки. Это возможно за счет деления ширины резания. На листе показано положение пластин. Одна

установлена с перекрытием осевой линии и работает по центру отверстия.  
Вторая работает по внешней части реза.

Данные по количественному изменению приведены в 5 разделе.

Спецификация на инструмент дается в приложении В.

Выводы по разделу

В разделе выполнено проектирование технологического оснащения для проведения обработки на операциях по сверлению сквозного центрального отверстия. Применяемый режущий инструмент обеспечивает высокую точность, снижает расходы на инструмент, обеспечивает эффективное стружкодробление.

Приспособление обеспечивает фиксацию заготовки на операциях при установке в трех кулачковом патроне на всех токарных операциях.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

Задача – разработка мер по безопасности труда для спроектированной технологии изготовления вал-шестерни цилиндрического редуктора [4].

### **4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта**

Разработанная технология изготовления вал-шестерни цилиндрического редуктора из стали 30ХГСА состоит из операций.

На фрезерно-центровальной операции на фрезерно-центровальном полуавтомате МР-76АМ фрезеруются торцы и сверлятся центровочные отверстия.

На токарной операции на токарном станке УТ-300SM точение черновое и чистовое, а также обработка центрального отверстия и его растачивание.

На шлицефрезерной операции на горизонтально-фрезерном станке 6Р80 фрезеруют шлицы, а на зубо-фрезерной на вертикальном зубо-фрезерном станке 53А80 – зубья.

Отделочная обработка на шевинговальном станке 5Б703.

После термообработки на центро-шлифовальной на станке 3922Е шлифование центровочных отверстий. Затем шлифование на торце-круглошлифовальной операции.

Лимитирующей операцией является токарная с обработкой центрального отверстия и его растачиванием.

Обработка ведется с использованием полусинтетической смазочно-охлаждающей жидкости на основе минерального масла ТУ20.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

К опасным и вредным производственным факторам в технологии изготовления вал-шестерни в зависимости от выполняемой операции

относятся следующие производственные риски. На технологических операциях в механическом цехе это будут факторы, связанные с высоким уровнем температуры заготовки и инструмента. На заготовительном этапе и термообработке – нагревательные устройства и заготовка. На черновой обработке по фрезерованию и точению, будет загрязнение воздушной среды в зоне дыхания вследствие запыленности из-за мелких частиц поверхностного слоя, удаляемых при обработке, и мелкой стружки на чистовых шевинговальном и шлифовальных переходах, а также связаны с испарением СОЖ.

Обработка проводится на разнообразном станочном оборудовании, а также технологических установок для его обслуживания (компрессоры, маслостанции). Поэтому будут факторы, связанные с воздействием электрического тока и электромагнитных полей.

Перемещение рабочих органов станка, зажимных элементов приспособлений может привести к травмам.

Процесс обработки происходит при высоких оборотах заготовки и инструмента, что будет вызывать повышенный шум и вибрации.

Режущий инструмент лезвийный, стружка, а также острые кромки заготовки могут привести к травмированию станочников.

Операционный контроль связан с перенапряжением анализаторов.

Выполнение вспомогательных технологических переходов для повторяющихся заготовок сопровождается психофизиологическим воздействием. Источниками данных факторов являются как сам станок, так и процесс резания и оснащение.

### **4.3 Методы и технические средства снижения рисков**

Для снижения указанных рисков при работе на технологических станках применяются средства индивидуальной защиты в виде специальной защитной одежды, обуви, прорезиненных перчаток, а также защитных очков.

На самом оборудовании применяется защитная экранировка с местной системой вентиляции для удаления испаряемых газов и образующейся пыли и мелкой стружки. Подвижные механизмы также экранируют, а также ограничивают доступ в опасные зоны визуальными предупреждающими знаками, а также сеточным ограждением.

Для очистки воздуха в производственном цеху используется общая вентиляция вытяжного типа с системой фильтрации выходящего воздуха.

Исполнители станочники обязательно проходят инструктаж по охране труда.

Для защиты от поражения электрическим током используется заземление и изоляция токоведущих элементов оборудования, а также предохранители.

В целях снижения психофизиологического воздействия используются перерывы в работе, а также правильная организация рабочего места с достаточным уровнем освещения и вентиляции.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности объекта**

Технология осуществляется в трех цехах. Обработка по формообразованию проводится в механическом цехе, получение заготовки в прессовом цехе, термообработка в термическом цеху. Для данных подразделений класс пожарной опасности будет относиться к категориям В и Е, где опасными факторами при пожаре являются пламя, искры, а также неисправности электропроводки. Это может привести при пожаре к разрушению оборудования с выносом высокого напряжения на металлические части. В случае тушения пожара может оказывать вредное воздействие огнетушащее средства.

Для тушения пожара рабочее подразделение оборудуется набором огнетушителей порошкового типа, пожарными гидрантами с напорными пожарными рукавами, средствами по пожарному оповещению с управление

эвакуацией. Также используются автоматические извещатели, а для тушения пожара непосредственно исполнителями могут использоваться ручной инструмент – лопаты и топоры, ящики с песком.

Для защиты органов дыхания используют средства индивидуальной защиты в виде противогазов и респираторов.

Все исполнители обязательно проходят пожарный инструктаж на регулярной основе.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Разработанная технология с точки зрения воздействия на окружающую среду содержит следующие опасные факторы.

Воздействие на воздушную среду заключается в возможных запыленности и токсических испарениях при высокотемпературной обработке (штамповка, черновая обдирка по заготовительной корке, чистовая обработка и термообработка).

С точки зрения вредного воздействия на сточные воды опасными факторами в данной технологии являются взвешенные вещества и нефтепродукты, а также используемые технологические среды, включая смазочно-охлаждающую полусинтетическую с добавлением минерального масла жидкость.

С точки зрения загрязнения литосферы образуются отходы в виде стружки и ветоши.

Для снижения влияния вредных факторов при воздействии на воздушную среду можно использовать фильтрационные системы.

Для снижения воздействия на сточные воды - локальную многоступенчатую очистку сточных вод.

Для снижения влияния вредных факторов на литосферу - утилизация полученных отходов на полигоне.



## Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела по безопасности и экологичности технологического процесса изготовления вал-шестерни, включающей в себя штамповку, токарные, зубообрабатывающие и шлифовальные операции с выполнением фрезерных, токарных, сверлильных, расточных, шевинговальных, шлифовальных переходов, были получены следующие результаты. Для предложенного технологического процесса проанализированы основные операции и оборудование, а также материалы и оснащение. С учетом проведенного конструкторско-технологического описания выявлены опасные и вредные производственные факторы, характерные для соответствующих этапов технологии изготовления вал-шестерни, к которым отнесены высокотемпературные воздействия, возможные повреждения острыми кромками, поражение электрическим током, загрязнение воздушной среды, шум, вибрации и психофизиологические воздействия. С учетом указанных факторов разработаны мероприятия по защите работников, участвующих в данной технологии в виде средств индивидуальной защиты, а также защитных мер по организации работы в виде соответствующих систем вентиляции, освещения, режима работы, а также мер по подготовке работника в виде различных инструктажей. Проанализирована пожарная безопасность подразделений, участвующих в технологии изготовления корпуса и предложены меры по ее обеспечению с определением класса пожарной опасности, опасных факторов, которые возникают в случае возникновения пожара. Разработанные организационно-технические меры по обеспечению пожарной безопасности включают в себя подбор соответствующего инструмента, мероприятий по организации работы, а также меры, необходимые в случае возникновения пожара. Предложены меры по снижению данных вредных воздействий путем организации общей вентиляции, системы очистки сточных вод, а также утилизации отходов.

## 5 Экономическая эффективность работы

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

Данный раздел, является итоговым в написании бакалаврской работы, в ходе которой предлагается внести изменения в технологический процесс изготовления вала-шестерни, а именно заменить инструмент на токарной операции.

Подробное описание предложенных совершенствований описано в предыдущих разделах бакалаврской работы, а краткое их описание представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Краткое описание изменений технологического процесса изготовления вала-шестерни

Элементы технологического процесса	Базовый вариант	Проектный вариант
Оборудование	Токарный станок, модель UT-300SM	Токарный станок, модель UT-300SM
Оснастка	Патрон 3-хкулачковый	Патрон 3-хкулачковый
Инструмент	Сверло спиральное Р6М5 Ø45 мм Зенкер Р6М5 Ø50 мм	Сверло сборное Т15К6
Трудоемкость	$T_{O(СВЕР+ЗЕН)} = 2,33$ мин $T_{O(035)} = 6,75$ мин $T_{ШТ-К(035)} = 9,1$ мин	$T_{O(СВЕР)} = 1,14$ мин $T_{O(035)} = 5,52$ мин $T_{ШТ-К(035)} = 7,8$ мин

Для экономического обоснования предложенных совершенствований необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений. Данный алгоритм состоит из 5 этапов, которые включают обязательное выполнение соответствующих расчетов. Этапы выполнения алгоритма и сопровождающие их экономические расчеты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Этапы алгоритма определения экономической эффективности технологических решений

Номер и название этапа	Параметры, которые, собираются или определяются входе этапа	Формула расчета параметра
Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных	- «трудоемкость выполнения операций; - оборудование, оснастка и инструмент, применяемые в ТП; - технические характеристики оборудования (габариты и мощность); - количество необходимого оборудования ( $H_{OB}$ ); - коэффициент загрузки оборудования ( $K_3$ )» [7]	
Этап 2. Определение технологической себестоимости	- «основной материал ( $M$ ); - основная заработная плата рабочих ( $З_{ПЛ.ОСН}$ ); - социальные отчисления ( $НЗП$ ); - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ); - технологическая себестоимость ( $C_{ТЕХ}$ )» [7]	$M = M_3 \cdot Ц_M \cdot K_{ТЗ} - M_0 \cdot Ц_0$ $З_{ПЛ.ОСН} = З_{ПЛ.ОП} + З_{ПЛ.Н}$ $НЗП = З_{ПЛ.ОСН} \cdot K_C$ $P_{Э.ОБ} = P_{ОБ} + P_{ПР} + \dots + P_i$ $C_{ТЕХ} = M + З_{ПЛ.ОСН} + НЗП + P_{Э.ОБ}$
Этап 3. Определение полной себестоимости	- «цеховая себестоимость ( $C_{ЦЕХ}$ ); - производственная (заводская) себестоимость ( $C_{ЗАВ}$ ); - полная себестоимость ( $C_{ПОЛН}$ )» [7]	$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$ $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$ $C_{ПОЛН} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$
Этап 4. Определение инвестиций	- «капитальные вложения в основное технологическое оборудование ( $K_{ОБ}$ ); - сопутствующие капитальные вложения ( $K_{СОП}$ ); - общий объем инвестиций ( $K_{ИНВ}$ )» [7]	$K_{ОБ} = \sum H_{ОБ} \cdot Ц_{ОБ} \cdot K_3$ $K_{СОП} = K_{ПР} + K_{ИП} + \dots + K_i$ $K_{ИНВ} = K_{ОБ} + K_{СОП}$
Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса	- «чистая прибыль ( $П_{ЧИСТ}$ ); - срок окупаемости ( $T$ ); - чистый дисконтированный доход ( $ЧДД$ ); - индекс доходности ( $ИД$ ); - доход на капитал ( $Д_{КАП}$ )» [7]	$П_{ЧИСТ} = П_{ОЖ} - Н_{П}$ $T = \frac{K_{ИНВ}}{П_{ЧИСТ}}$ $ИД = \frac{Д_{ОБЩДИСК}}{K_{ИНВ}}$

Этап 1. Сбор и расчет необходимых данных. Данный этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

Этап 2. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости:

расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Этап 3. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Этап 4. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Этап 5. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых мероприятий по совершенствованию технологического процесса.

Применение данного алгоритма, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов по этапам 2-5.

Так как этап 1 является предварительным, т.е. служит только для получения исходных данных, поэтому выводы по нему писать не будем.

Результаты выполнения этапа 2 представлены на рисунке 7.

Анализируя рисунок 7 можно сделать вывод о том, что расходы по представленным параметрам снижаются, и позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 23,98%.

Результаты выполнения этапа 3 представлены на рисунке 8. Так как основой для определения полной себестоимости является технологическая себестоимость, то целесообразно данную величину включить в это графическое изображение.

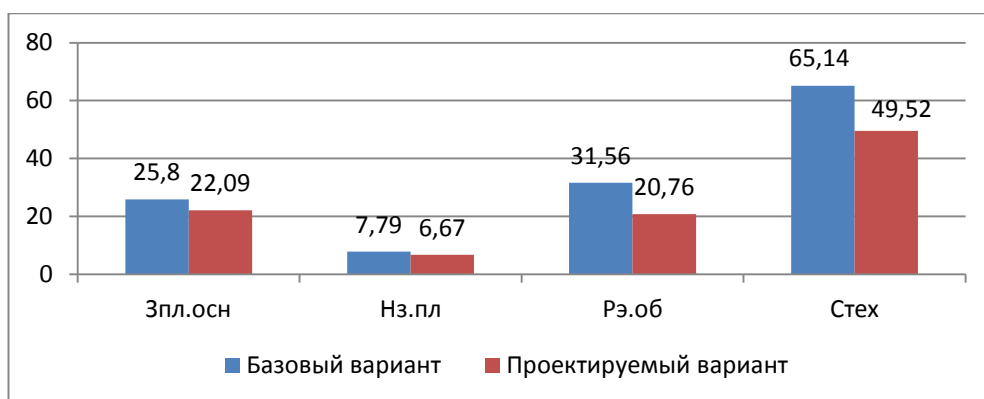


Рисунок 7 – Определение технологической себестоимости детали «Вал-шестерня», на токарной операции по вариантам, руб.

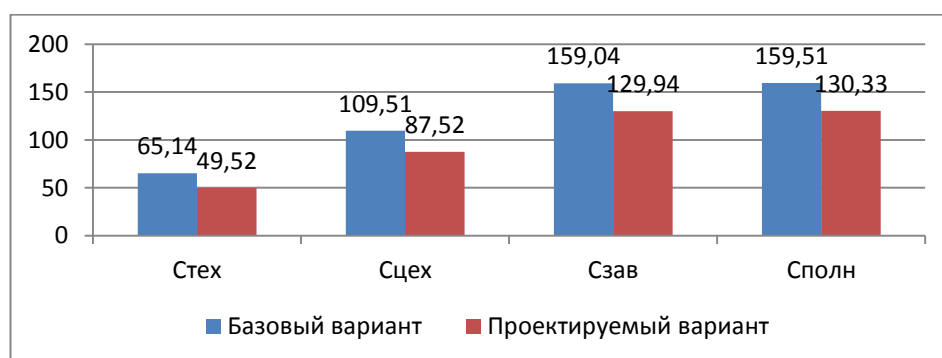


Рисунок 8 – Определение полной себестоимости, детали «Вал-шестерня», на токарной операции по вариантам, руб.

Значения, представленные на рисунке 8, также имеют тенденцию к снижению в проектируемом варианте. Разница величины полной себестоимости между вариантами составляет 18,29%, т.е. в проектируемом варианте полная себестоимость меньше на 29,18 рубля.

Результаты выполнения этапа 4 представлены на рисунке 9.

Как видно из рисунка 9, инвестиций потребуют: затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ ), затраты на инструмент ( $K_{И}$ ), затраты на корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $HЗП$ ). Учитывая полученную величину перечисленных параметров, общий объем инвестиций ( $K_{ИНВ}$ ) составит 45375,4 руб. Результаты выполнения этапа 5 представлены в таблице 13.

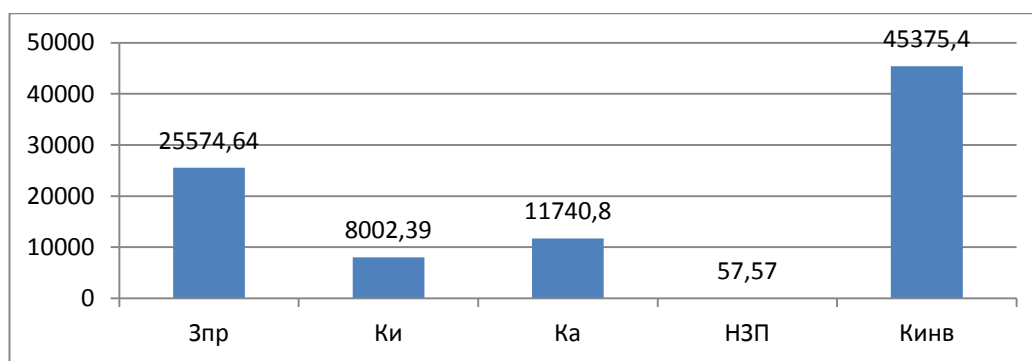


Рисунок 9 – Определение инвестиций на выполнение токарной операции детали «Вал-шестерня», руб.

Таблица 13 – Экономическое обоснование изменений технологического процесса

Экономический показатель, единица измерения	Условное обозначение	Значение
Общий объем инвестиций, руб.	<i>К<sub>инв</sub></i>	45375,4
Чистая прибыль, руб.	<i>П<sub>чист</sub></i>	23344
Срок окупаемости, год	<i>T</i>	3
Чистый дисконтированный доход (интегральный экономический эффект), руб.	<i>ЧДД</i>	7924,21
Индекс доходности, руб. / руб.	<i>ИД</i>	1,17

Наиболее значимой величиной, из всех представленных в таблице 13, является числовое значение чистого дисконтируемого дохода, а именно то, что оно положительное. Это значит, что инвестиции вкладывать в предлагаемые изменения технологического процесса экономически целесообразно.

#### Вывод по разделу

Данные действия позволят получить дополнительную прибыль на каждый вложенный рубль в размере 1,17 рублей, что подтверждает значение индекса доходности.

## Заключение

В работе выполнено проектирование технологии изготовления вал-шестерни для условий серийного производства для заданных по условию программе выпуска в количестве 1000 деталей в год.

В первом разделе для чертежа детали выполнен анализ технологичности, который позволил выявить трудности при выполнении обработки вал-шестерни, связанные с необходимостью обработки центрального отверстия.

Во втором разделе с учетом среднесерийного типа производства в ходе сравнительного анализа методов получения исходной заготовки из двух вариантов выбран метод штамповки. Данный метод обеспечивает необходимую точность и минимальные значения операционных припусков. Далее разработана маршрутная технология, которая состоит из обработки основных типов поверхностей: установочных плоскостей, шеек, шлицев, зубьев. С учетом типового технологического процесса изготовления вал-шестерни сформированы технологические операции. Это требует особого подхода к проведению такой обработки. В работе спроектирована технологическая операция по зубонарезанию шлицев на фрезерной операции. Выбран высокопроизводительный сборный зуборезной инструмент.

В третьем разделе для установки заготовки на токарной операции спроектировано технологическое зажимное приспособление, которое представляет из себя трех кулачковый самоцентрирующий патрон с регулируемыми сменными кулачками. Спроектирован сборный режущий инструмент со сменными твердосплавными пластинами, которые используются на токарном станке для обработки отверстия. Для технологии предусмотрены меры по защите охраны труда и экологичности, а изменения конструкции сверла обоснованы в ходе экономического расчета. В работе выполнено проектирование технологии, которая при минимальных издержках обеспечивает необходимые требования.

## Список используемых источников

1. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений : справ. пособие / В. Е. Антонюк. - Минск : Беларусь, 1991. - 400 с. : ил. - 5-50. - Текст : непосредственный.
2. Бабичев А. П., Попов М. Е., Эль Дакдуки А., Пастухов Ф. А. Поиск новых технологических методов упрочняющей обработки коленчатых валов двигателей // Вестник Донского государственного технического университета 2015, №1(80), 68-78
3. Бушуев В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. - Москва : Машиностроение, 2006. - 448 с. : ил. - (Библиотека конструктора). - Прил.: с. 440-448. - Библиогр.: с. 438-439. - ISBN 5-217-03341-X : 500-00. - Текст : непосредственный.
4. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта" : электрон. учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с. - Прил.: с. 31-41. - Библиогр.: с. 26-30. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1370-4. - Текст : электронный.
5. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с. : ил. - Прил.: с. 252-297. - Библиогр.: с. 298-299. - ISBN 978-5-94178-181-2 : 329-60. - Текст : непосредственный.
6. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с. : ил. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 392-395. - ISBN 978-5-8114-1856-5 : 1091-00. - Текст : непосредственный.
7. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию



технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти : ТГУ, 2015. - 46 с.

8. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

9. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке : учебное пособие / В. М. Кишуров, М. В. Кишуров, П. П. Черников, Н. В. Юрасова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 216 с. — ISBN 978-5-8114-4521-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 17.05.2020)

10. Обработка металлов резанием [Текст] : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2004. - 784 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 764-779. - Предм. указ.: с. 780-784. - ISBN 5-94275-049-1 : 1242-91. - 1000-00.

11. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин [Текст] : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 50. - 28-58.

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. : ил. - Библиогр.: с. 55-56. - Прил. : с. 57-140. - ISBN 978-5-8259-0817-5 : 1-00.

13. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.:

с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

14. Расчет режимов резания при точении и фрезеровании [Текст] : метод. пособие к курс. работе по дисциплине "Технол. процессы машиностроит. пр-ва" для заоч. формы обучения спец. 12 01 00, 12 02 00, 15 01 00, 150200 / ТГУ ; Каф. "Технология машиностроения". - Тольятти : ТГУ, 2002. - 59 с. : ил.

15. Режущий инструмент [Текст] : учеб. для вузов / Д. В. Кожевников [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова. - Гриф УМО. - Москва : Машиностроение, 2004. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 510-511. - ISBN 5-217-03250-2 : 312-00.

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

17. Строителев В. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Строителев ; [редкол.: В. Н. Азаров (председ.) и др.]. - Москва : Европ. центр по качеству, 2002. - 150 с. : ил. - (Управление качеством). - Библиогр.: с. 150. - Прил.: с. 115-149. - ISBN 5-94768-023-8 : 180-00.

18. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) "Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в", "Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)" / В. В. Клепиков [и др.]. - Гриф УМО. - Москва : Форум, 2016. - 318 с.

19. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А. И. Астахов [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1984. - 591 с.

20. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 1 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 547 с.

21. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие. Т. 2 / А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 518 с.

22. Cha K. C., Wang N., Liao J. Y. Stability analysis for the crankshaft grinding machine subjected to a variable-position work // Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2013) 67: pp. 501–516
23. Heinz, Tschätsch Applied Machining Technology / Tschätsch Heinz – Springer-Verlag : Berlin, Heidelberg, 2009. – p. 396
24. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.

Приложение А

Технологические карты

Таблица А.1 - Маршрутная карта

Разраб.		Аванесян А.А.		ТГУ кафедры ОТМП										10140.001								
Провер.		Расторгуев Д.А.																				
Утв.		Логинов Н.Ю.		Вал-шестерня																		
Н. контр.		Расторгуев Д.А.																				
M01																						
Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71																						
02		Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ.	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ										
		12	166	9	1		0,53	22	Ø155×243		1	17,1										
А		Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа													
Б		Код, наименование оборудования				СМ					Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.		
A03	XX	XX	XX	000	Заготовительная																	
B04	XX	XX	XX		КГППП																	
05																						
A06	XX	XX	XX	005	4269 Фрезерно-центровальная													ИЮТ	ИЗ710	7016-1	88	
B07	Фрезерно-центровальный станок МР-76 АМ				2					18632	210	2Р	1	1	1	1	331	1				
008	Фрезеровать торцы, выдерживая l=240±0,65 мм, сверлить два центровочных отверстия, выдерживая l=8±0,15																					
009																						
T10	396131 Тиски с призматическими губками ГОСТ 2167-75;																					
T11	Фреза торцовая Р6М5 ГОСТ 1695-80; 391240 Сверло центровочное Р6М5 Ø5 ГОСТ 14952-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-Д-250-0,05 ГОСТ 166-89																					
12																						
A13	XX	XX	XX	010	4114 Токарная с ЧПУ													ИЮТ	ИЗ710	7016-1	88	
B14	381101Токарный с ЧПУ УТ-300SM				2					15292	210	2Р	1	1	1	331	1					
O15	Подрезать торцы: 2 в размер 204,77±0,46; 3 в размер 192,9±0,46; 4 в размер 118,95±0,46; 26 в размер 180±0,46; 28 в размер 119±0,46																					
O16	Точить поверхности: 7 в размер d=72,24±0,46; 8 в размер d=72,24±0,46; 20 в размер d=153,82±0,63; 24 в размер d=79±0,46																					
T17	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392190 Резец для контурного точения Т5К10;																					
T18	Штангенциркуль ШЦ-Д-250-0,05 ГОСТ 166-89																					
19																						
A20	XX	XX	XX	015	4114 Токарная с ЧПУ													ИЮТ	ИЗ710	7016-8		
B21	381101Токарный с ЧПУ УТ-300SM				2					15292	210	2Р	1	1	1	331	1					
O22	Подрезать торцы: 2 в размер 204,23±0,23; 3 в размер 192±0,23; 4 в размер 118,23±0,23; 26 в размер 187±0,23; 31, 32 в размер 224±0,23																					
O23	Точить поверхности: 6 в размер d=68±0,12; 7, 8 в размер d=70,35±0,12; 9 в размер d=68±0,12; 20 в размер d=152±0,16; 24 в размер d=78±0,12																					
T24	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 392190 Резец для контурного точения Т5К10;																					
T25	Штангенциркуль ШЦ-Д-250-0,05 ГОСТ 166-89																					
МК																						
																			1			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цс х.	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа												
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клт.	Тпз.	Тшт.		
Б					Код, наименование оборудования													
А01	XX	XX	XX	020	4165 Фрезерная								ИОТ	ИЗ710	7013-88			
Б02	381631	Горизонтально-фрезерный 6Р80				2	18632	210	2Р	1	1	1	1	331	1	23	7,02	
О03	Фрезеровать поверхность 23 в размер $d=70\pm 0,26$																	
Т05	396131 Тиски с призматическими губками ГОСТ 2167-75; 391802 Фреза фасонная Р6М5; 396141 Головка делительная																	
06	393311 Штангенциркуль ШЦ-Д-250-0,05 ГОСТ 166-89																	
07																		
А08	XX	XX	XX	025	4153 Зубофрезерная								ИОТ	ИЗ710	7013-88			
Б09	381572	Вертикальный зубофрезерный 53А80				2	15292	210	2Р	1	1	1	1	331	1			
О10	Фрезеровать поверхность 21,22- 8 степень точности																	
Т12	396110 Патрон цанговый ГОСТ 26539-85; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75; 391802 Фреза червячная Р9К10 ГОСТ 9324-80;																	
13	394300 Прибор БВ-5061 цехового типа																	
14																		
А15	XX	XX	XX	030	4157 Зубошвинговальная								ИОТ	ИЗ710	7013-88			
Б16	381574	Зубошвинговальный 5Б703				2	18632	210	2Р	1	1	1	1	331	1			
О17	Швинговать поверхность 21, 22- 7 степень точности																	
Т18	396110 Патрон цанговый ГОСТ 26539-85; 392871 Центр вращающийся ГОСТ 8742-75																	
19	392430 Швер дисктовый ГОСТ 8570-80; 394300 Прибор БВ-5061 цехового типа																	
20																		
А21	XX	XX	XX	035	4114 Токарная								ИОТ	ИЗ710	7013-88			
Б22	381101	Токарный с ЧПУ УТ-300SM													1			
О23	Сверлить поверхность 10,11 в размер $d=50$ мм; растачивать поверхность 11, 12 в размер $d=76$ мм																	
Т24	396110 Патрон трехлапчатый ГОСТ 24351-80; 393311 Штангенциркуль ШЦ-Д-250-0,05 ГОСТ 166-89; 392190 резец фасонный Т15К6;																	
Т25	392190 резец канавочный внутренний Т15К6; 391210 Сверло сборное $d50$ Т15К6																	
26																		
МК																	2	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Обозначение документа																
А	Це х.	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клт.	Тпз.	Тшт.
Б					Код, наименование оборудования											
А01	XX	XX	XX	050	Термическая							ИОТ	ИЗ710	1	7017-83	
Б02	XX	XX	XX		Печь шахтная											
03																
А4	XX	XX	XX	055	4132 Центрошлифовальная							ИОТ	ИЗ710	1	7017-83	
Б5	381312				Центрошлифовальный 3922Е	2	18873	210	2Р	1	1	1	331	1		
06					Шлифовать центровые отверстия на гордах 1,5											
Т7	396131				Тиски с призматическими губками ГОСТ 2167-75;398110 Головка шлифовальная коническая EW30x40x6 25А F40 P7 V 35м/с А											
Т8	ГОСТ	2447-82;			Шаблон											
А9	XX	XX	XX	060	4131 Круглошлифовальная							ИОТ	ИЗ710	1	7017-83	
Б10	381311				Круглошлифовальный КШ-3М	2	18873	210	2Р	1	1	1	331	1	2,1	2,8
О11					Шлифовать пов. 2 в размер 204,03±0,1 мм; 4 в размер 118,03±0,1; 7,8 в размер d=70,02±0,046 мм; 24 в размер d=78,02±0,046 мм											
Т12	392811				Центр грибовый упорный ГОСТ 13214-79; 396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 398110 Круг шлифовальный с выточкой 5 500x80x123											
Т13	24А 40N 7 V5				35м/с 1 А ГОСТ 52781-2007; 39430 Датчик активного контроля БВ-4100; 393120 Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75; Профилометр TR110 ГОСТ 2789-73											
14																
А15	XX	XX	XX	065	4131 Круглошлифовальная							ИОТ	ИЗ710	1	7017-83	
Б16	381311				Круглошлифовальный КШ-3М	2	18873	210	2Р	1	1	1	331	1	2,1	2,8
О17					Шлифовать пов. 2 в размер 204±0,08 мм; 4 в размер 118,±0,05; 7,8 в размер d=70,±0,019 мм; 24 в размер d=78±0,019 мм											
Т18	392811				Центр грибовый упорный ГОСТ 13214-79; 396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 398110 Круг шлифовальный с выточкой 5 500x80x123											
24А 40N 7 V5																
Т19	35м/с 1 А				ГОСТ 52781-2007; 39430 Датчик контроля БВ-4100; 393120 Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75; Профилометр TR110 ГОСТ 2789-73											
20																
А21	XX	XX	XX	070	Мосчная							ИОТ	ИЗ710	1	7054-83	
Б22	XX	XX	XX		Камерная мосчная машина											
23																
А24	XX	XX	XX	075	Контрольная											
Б25	XX	XX	XX		Контрольный стенд											
МК																
																3

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Разработ.	Аванесян А.А.	ТГУ кафедра ОТМП										
		Проверил	Расторгуев Д.А.	Вал-шестерня							МЗ	ОИ
Н. контр.	Расторгуев Д.А.											
Утвердил	Логинов Н.Ю.											
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Вид и размеры заготовки			МЗ	ОИ
4114 Токарная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71		220 НВ		кг	9	штамповка Ø155×243			17,1	1
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программ.		T <sub>о</sub>	T <sub>в</sub>	T <sub>пз</sub>	T <sub>шт</sub>	СОЖ				
381101Токарный с ЧПУ UT0300SM				4,6	2,4	25	9,1	Укринол 1				
Р	D(в)мм		Lмм	tмм	i	S <sub>2</sub> мм/зуб	S <sub>0</sub> мм/об	S <sub>в</sub> мм/мин	д <sub>1</sub> об/мин	V м/мин	д об/мин	Тосн.
001	1.Установить заготовку											
T02	396110 Патрон трех кулачковый рычажный; 396141 Головка делительная											
003	2. Сверлить пов. 10, выдерживая размеры согласно эскиза											
T04	391210 Сверло спиральное сборное d50 Т15К6; 393311 Штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89											
P05	50	240	25	1			0,2	83	414	65		2,9
006	3. Расточить поверхности 11, 12 выдерживая размеры согласно эскизу											
T07	392190 резец фасонный Т15К6; 392190 резец канавочный внутренний Т15К6; 393311 ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89											
P09	78	45	5				0,25	131	524	125		1,7
O10	5. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку											
T11												
T12												
P13												
O14												
T15												
16												
OK												1

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Разработ.		ТГУ кафедры ОТМП													
Аванесян А.А.															
Проверил															
Расторгуев Д.А.															
Н. контр.		Вал-шестерня													
Расторгуев Д.А.															
Утвердил															
Логинов Н.Ю.															
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ		МД		Вид и размеры заготовки		МЗ		ОИ	
4130 Фрезерная		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71		220 НВ		кг		9		штамповка Ø155×243		17,1		1	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программ.		Т <sub>о</sub>		Т <sub>пв</sub>		Т <sub>шт</sub>		СОЖ					
381101 Фрезерный 6P80				1,2		20		3,35		Укринол 1					
Р		D(в)мм	Lмм	bмм	i	S <sub>2</sub> мм/зуб	S <sub>0</sub> мм/об	S <sub>н</sub> мм/мин	д:об/мин	V м/мин	п об/мин	Тосн.			
O01	1. Установить заготовку														
T02	396110 Патрон трех кулачковый рычажный; 396141 Головка делительная														
O03	2. Фрезеровать шлицы пов. 23, выдерживая размеры согласно эскиза														
T04	391210 Фреза шлицевая сборная d50 T15K6; 393311 Штангенциркуль ШЦ-Ц-250-0,05 ГОСТ 166-89														
P05		70	45	2	3	0,5	2,5	1035	414	75			1,2		
O06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку				2										
T07															
P09															
O10															
T11															
T12															
P13															
O14															
T15															
16															
OK													1		



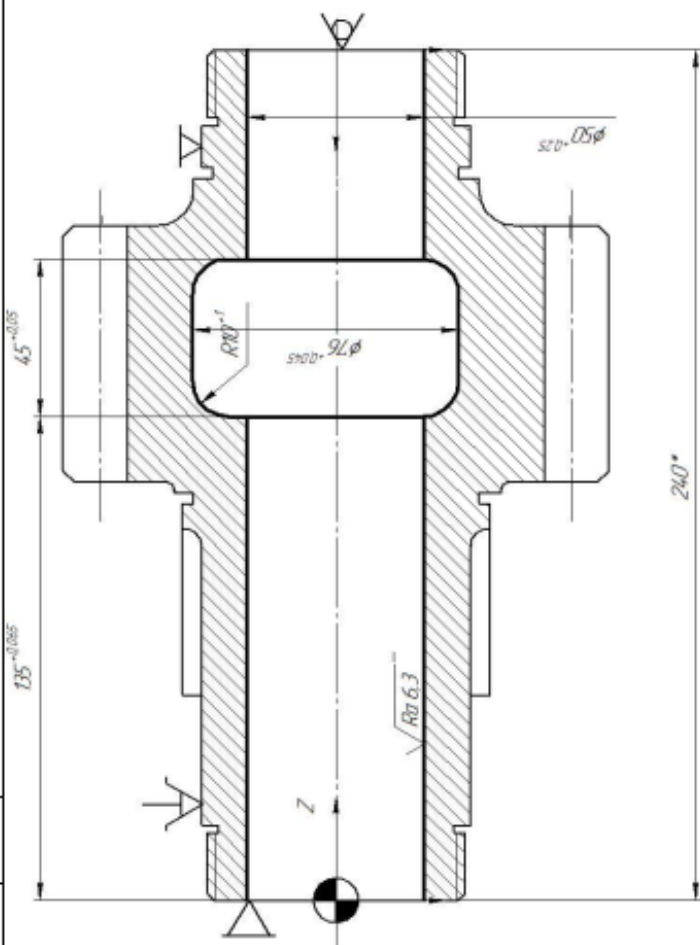
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Разработ.		ТГУ кафедры ОТМП											
Проверил		Вал-шестерня											
Н. контр.													
Утвердил													
Наименование операции		Материал										МЗ	
		Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71										МД	
		Твердость										МЗ	
		220 НВ										17,1	
		Обозначение программ.										ОИ	
		D(в)мм Lмм lмм i S <sub>2</sub> мм/зуб T <sub>в</sub> T <sub>пз</sub> T <sub>шт</sub>										Д	
		D(в)мм Lмм lмм i S <sub>2</sub> мм/зуб T <sub>в</sub> T <sub>пз</sub> T <sub>шт</sub>										1	
		Оборудование, устройство ЧПУ										СОЖ	
		381311 Круглошлифовальный КШ-3М										Украинол 1	
Р		D(в)мм Lмм lмм i S <sub>2</sub> мм/зуб T <sub>в</sub> T <sub>пз</sub> T <sub>шт</sub>										Тосн.	
O01		1. Установить заготовку											
T02		392811 Центр грибовый упорный ГОСТ 13214-79; 396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71;											
O03		2. Шлифовать поверхности 4, 8, 24 выдерживая размеры согласно эскиза											
T04		398110 Круг шлифовальный с выточкой 5 500х80х123 24А 40N 7 V535м/с 1 А ГОСТ 52781-2007; 39430 Датчик											
T05		активного контроля БВ-4100; 393120 Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75; Профилометр TR110 ГОСТ 2789-73											
P06		0,336 16 112 27,5										2,1	
O07		3. Шлифовать поверхности 2, 7 выдерживая размеры согласно эскиза											
T08		398110 Круг шлифовальный с выточкой 5 500х80х123 24А 40N 7 V535м/с 1 А ГОСТ 52781-2007; 39430 Датчик											
T09		активного контроля БВ-4100; 393120 Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75; Профилометр TR110 ГОСТ 2789-73											
P10													
O11		4. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку											
12													
P13													
O14													
T15													
16													
OK												1	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1105 – 84 – Форма 7									
Дубл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Взам.		01140.0001							
Подп.									
Разработал	Аванесян					20140.0002			
Проверил	Расторгуев								
Нач.									
Н. Контр.	Расторгуев						010		
<b>Вал-шестерня</b>									
									
КЭ									

Приложение Б

Спецификация на приспособление

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Листы документа		Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
					<u>Документация</u>		
Лист №		A1		22.ВКР.ОТМП.272.65.00.000.СБ	Сборочный чертёж		
					<u>Сборочные единицы</u>		
			1	22.ВКР.ОТМП.272.65.01.000.	Гидравлический цилиндр	1	
			2	22.ВКР.ОТМП.272.65.02.000.	Муфта	1	
			2	22.ВКР.ОТМП.272.65.03.000.	Зажимной механизм	1	
					<u>Детали</u>		
Лист и дата			4	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.004.	Центровик	1	
			5	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.005.	Тяга	1	
			6	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.006.	Фланец	1	
Лист № докум.			7	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.007.	Кулачок постоянный	3	
			8	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.008.	Кулачок сменный	3	
			9	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.009.	Рычаг	3	
Взам инв. №			10	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.010.	Корпус	1	
			11	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.011.	Ось	3	
Лист и дата			12	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.012.	Штифт направляющий	1	
			13	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.013.	Кольцо защитное	1	
			14	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.014.	Кольцо торцовое	1	
			15	22.ВКР.ОТМП.272.65.00.015.	Крышка верхняя	1	
				22.ВКР.ОТМП.272.65.00.000.СП			
Инв. № подл.		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов
		Разраб.	Анбанесян А.А.			1	2
		Проб.	Расторгуев Д.А.				
		Н.контр.	Расторгуев Д.А.				
		Утв.	Логинов Н.Ю.				
<b>Патрон</b>						ТГУ, ИМ ТМбп-1702а	
Копировал						Формат А4	



# Приложение В

## Спецификация на инструмент

Таблица В.1 – Спецификация приспособления

				Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.		<u>Документация</u>		
	A1			22.ВКР.ОТМП.272.75.00.000.СБ	Сборочный чертеж. Сборочный чертеж		
Справ. №					<u>Детали</u>		
	1			22.ВКР.ОТМП.272.75.00.001	Карпус	1	
	2			22.ВКР.ОТМП.272.75.00.002	Пластина	2	
	3			22.ВКР.ОТМП.272.75.00.003	Винт зажимной	2	
Подп. и дата							
Инв. № дубл.							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
				<b>22.ВКР.ОТМП.272.75.00.000.СП</b>			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.		Аванесян А.А.			Лист	Листов
	Проб.		Расторгуев Д.А.			1	1
	Н.контр.		Расторгуев Д.А.			<b>ТГУ ИМ</b>	
Утв.		Логинов Н.Ю.			<b>ТМбп-1702а</b>		
					<b>Сверло сборное</b>		
					<i>Копировал</i>	Формат А4	