

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки)

Технологии, оборудование и автоматизация

машиностроительных производств

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему _____ Разработка технологии упрочнения зубчатой поверхности
одновенцового зубчатого колеса

Студент(ка)

М.С. Сапунов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель

Д.А. Расторгуев

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Консультанты

И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

И. В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н, доцент

Н.Ю. Логинов

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
(наименование института полностью)
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ Н.Ю. Логинов

«__» _____ 2017г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы
направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»

Студент Сапунов Максим Сергеевич гр. МСбз-1202

1. Тема Разработка технологии упрочнения зубчатой поверхности одновенцового зубчатого колеса

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «09» июня 2017 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе чертеж детали, годовой объем выпуска 1200 дет/год

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист.

Задание. Календарный план. Аннотация. Содержание.

Введение

1) Описание исходных данных

2) Технологическая часть работы

3) Проектирование приспособления

4) Безопасность и экологичность работы

5) Экономическая эффективность работы

Заключение. Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

_____ Н.Ю. Логинов
(подпись)
« ____ » _____ 2017 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Сапунов Максим Сергеевич

По теме Разработка технологии упрочнения зубчатой поверхности одновенцового зубчатого колеса

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
<i>Описание исходных данных</i>	01.02.2017	21.01.2017	сдано	
<i>Технологическая часть работы</i>	01.04.2017	24.03.2017	сдано	
<i>Проектирование приспособления</i>	01.05.2017	27.04.2017	сдано	
<i>Безопасность и экологичность работы</i>	15.05.2017	12.05.2017	сдано	
<i>Экономическая эффективность работы</i>	15.05.2017	13.05.2017	сдано	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ Д.А.Расторгуев
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ М.С. Сапунов
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация

Сапунов М.С. Разработка технологии упрочнения зубчатой поверхности одновенцового зубчатого колеса. - Кафедра “Оборудование и технологии машиностроительного производства”: - ТГУ: Тольятти, 2017. – 69с.

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы повышения эксплуатационных свойств зубчатой поверхности за счет рационального выбора метода получения, обработки и упрочнения зубчатого колеса. Предложенные меры по повышению твердости, прочности поверхностного слоя используются в техпроцессе изготовления зубчатого колеса.

Содержание

Введение	6
1. Описание исходных данных	7
2. Технологическая часть работы	12
3. Проектирование приспособления	34
4. Безопасность и экологичность работы	42
5. Экономическая эффективность работы	51
Заключение.....	55
Список используемой литературы.....	56
Приложения.....	59

ВВЕДЕНИЕ

В современном машиностроении важное место имеют зубчатые передачи. Они используются в составе различных редукторов. Передачи работают в сложных рабочих условиях: больших сил трения, циклических нагрузок, температурных воздействий. Из-за этого зубчатые колеса необходимо проектировать с высокими требованиями по точности, шероховатости и физико-механическими требованиями.

Технологический процесс изготовления зубчатых колес представляет собой сложную и трудоемкую отрасль.

В работе разрабатывается технология изготовления зубчатого колеса. Основное требование – обеспечение высокой твердости зубчатой поверхности. Поэтому проводится обзор существующих методов повышения физико-механических свойств: прочности и твердости.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Технические требования по условиям работы детали

Деталь зубчатое колесо с вытянутой ступицей входит в состав поворотного механизма подъемника. Оно надевается на приводной вал и крепится на нем винтом. Момент крутящий передается на зубчатую поверхность центральной шестерни.

Работает деталь на открытом воздухе в условиях воздействия пыли, грязи. Поэтому подвергается интенсивному абразивному износу. Момент крутящий высокий при невысокой частоте вращения (до 200 об/мин).

Рабочими поверхностями являются боковые стенки шпоночного паза и зубчатая эвольвентная поверхность. Само зубчатое колесо надевается на вал. Для уменьшения поперечных деформаций втулка устанавливается в дополнительной опоре – шариковом однорядном подшипнике, которые устанавливаются на наружную цилиндрическую шейку. Эта поверхность и резьбовое отверстие являются вспомогательными конструкторскими базами, а отверстие и шпоночный паз с торцом основными. Все остальные – свободные поверхности.

В соответствии со служебным назначением для всех поверхностей определяются технические требования (рисунок 1.1 и таблица 1.1).

Втулка изготавливается из легированной хромистой стали 35Х со следующими по ГОСТ 4543-71 физическими свойствами [21]:

предел прочности $\sigma_B = 912 \text{ МПа}$;

предел текучести $\sigma_T = 736 \text{ МПа}$;

относительное удлинение $\delta = 11\%$;

относительное утонение $\psi = 15\%$;

твердость после термообработки (закалка) $HRC_{\text{с}} \geq 40 \div 45$;

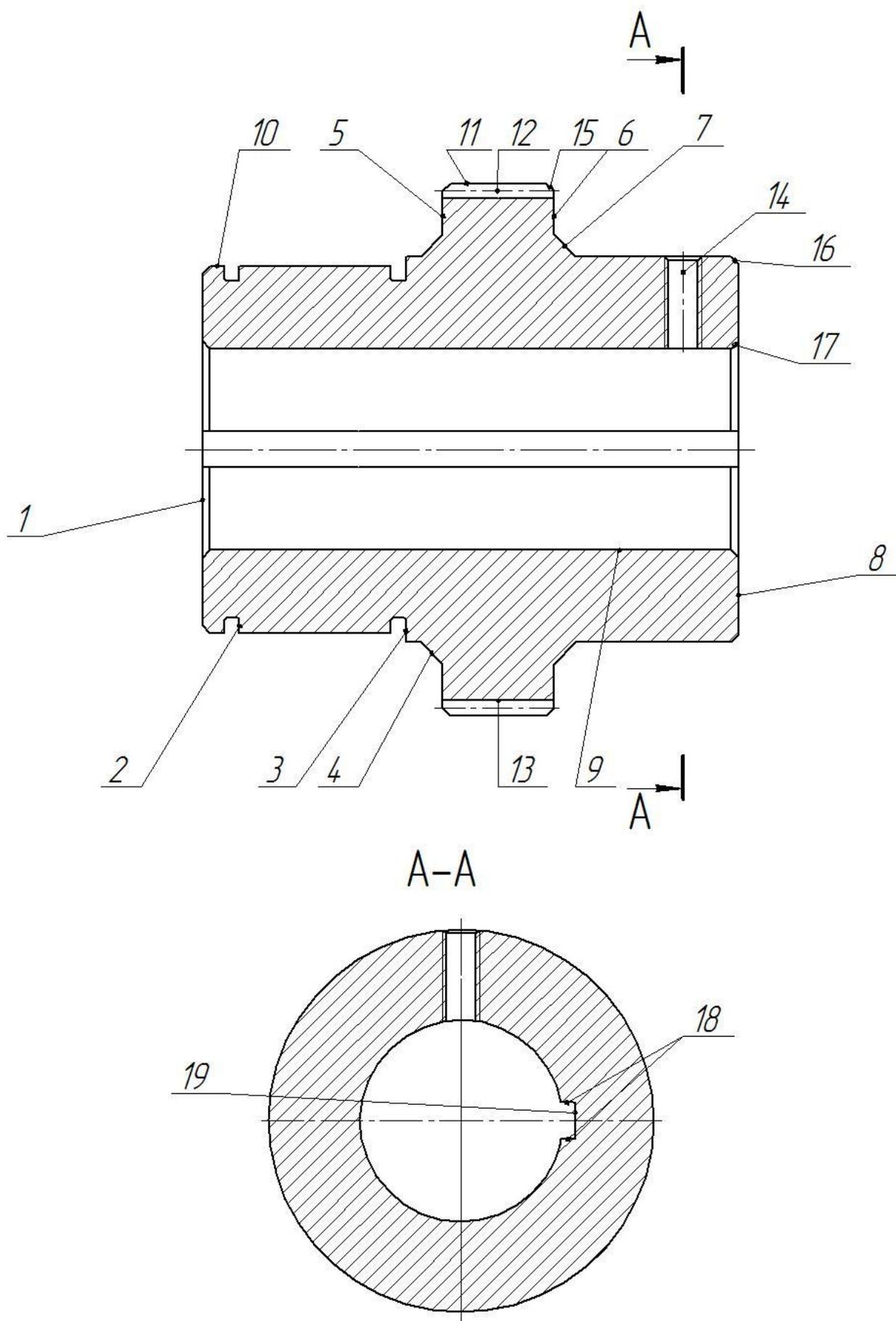


Рисунок 1.1 - Зубчатое колесо с нумерацией

твёрдость заготовки (не более) НВ 250.

Таблица 1.1 - Систематизация поверхностей втулки

№ поверхности	Назначение	Вид поверхности	Величина размера, мм	Квалитет Точности размера	Ra, мкм	Допуск, мм	Вид отклонения
1	П	ОКБ	145	12	1,25	0,015	↑
2	П	ВКБ	4	12	6,3		
3	П	ВКБ	55	12	1,25	0,02	↑
4	Ф	С	117	12	6,3		
5	П	С	65	12	6,3		
6	П	С	50	12	6,3		
7	Ф	С	117	12	6,3		
8	П	ВКБ	145	12	6,3		
9	О	ОКБ	55	7	0,63	0,012	◎
10	Ц	ВКБ	100	6	0,63	0,012 0,008	◎ ○
11	Ц	С	145	10	3,2		
12	З	С	140	ст.т.8-В	1,25	0,012	↑
13	З	Ис	135	12	6,3		
14	Р	ВКБ	10	-	3,2		
15	Ф	С	2	12	6,3		
16	Ф	С	2	12	6,3		
17	Ф	С	2	12	6,3		
18	Ф	ВКБ, ис	10	8	3,2	0,012 0,016	// ≅
19	П	ВКБ	58	14	6,3		

В таблице поверхности обозначены:

О – отверстия;

П – плоские;

Р – резьба;

Ц – цилиндрическая шейка;

Ф- фасонная поверхность.

В таблице поверхности обозначены:

О – отверстия;

П – плоские;

Р – резьба.

1.2 Анализ технологичности зубчатого колеса

Проведем анализ технологичности зубчатого колеса для определения возможных проблем при ее изготовлении [19].

Конструкция зубчатого колеса позволяет использовать высокопроизводительные методы формообразования зубчатого венца. Выход инструмента свободный. Ступица обеспечивает устойчивое положение при закреплении зубчатого колеса.

Деталь характеризуется простой формой отверстия, со шпоночным пазом и с отношением длины к диаметру $l/d = 145/55 = 2,6$, что позволяет обрабатывать отверстие любыми методами обработки.

Наружные поверхности могут обрабатываться проходными резцами, базовый торец зубчатой втулки имеет достаточную ширину ($D_{\text{наруж}} - D_{\text{внутр.}}$) $= (100 - 55)/2 = 22,5$ мм на сторону.

Отверстие имеет открытый шпоночный паз. Деталь изготовлена из низколегированной хромистой стали 35Х и проходит термическую обработку ТВЧ с упрочнением поверхностного слоя при изменении его физико-механических свойств и структуры, изменением значения и знака остаточных

напряжений, коробление по длине 125 мм 0,03 – 0,07 мм; шероховатость не изменяется, твердость до *HRC*45, толщина упрочненного слоя – 0,2 мм минимально.

Закалка ТВЧ обеспечивает равномерную глубину закаленного слоя, т.к. деталь – имеет значительную толщину ступицы, осевое коробление после закалки не более справочного значения [23] 0,03 мм.

1.3. Формулировка задач

Формулируются следующие задачи: с учетом признаков типа производства выбрать и спроектировать исходную заготовку, назначить обоснованно методы обработки и на их основе спроектировать операции; провести технологические расчеты; выбрать способ образования и упрочнения зубчатого колеса.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

2.1. Определение типа производства

Для зубчатого колеса с массой 2,7 кг и заданным объемом выпуска в год 1200 дет/год выбирается среднесерийный тип производства.

Для него по [17, 10] является характерной форма организации технологического процесса: переменного-поточная форма.

Необходимо рассчитать количество деталей, которое будет с выбранной периодичностью запускаться в производство:

$$n = \frac{N \cdot a}{F} \text{ шт.}, \quad (2.1)$$

где: N=1200 штук/год – годовой объем выпуска зубчатого колеса;

a – выбранная периодичность запуска колеса, в днях.

Примем a=3 и количество рабочих дней в году F=253 дня.

После подстановки, получим:

$$n = \frac{1200 \cdot 3}{253} = 15 \text{ дет.}$$

2.2. Выбор и проектирование заготовки

При выборе исходного полуфабриката – продукта заготовительного производства примем во внимание [17]:

- материал детали (сталь штампуется, но не льяется);
- назначение зубчатого колеса, технические требования на изготовление (передача крутящего момента зубчатой поверхностью в условиях больших сил трения, нагрева);

- тип производства – см. п. 2.1 среднесерийный;
- конструктивные формы поверхностей, габариты детали (по конфигурации деталь простая и средних размеров).

Для проката для данной детали будет много напуска: простая цилиндрическая форма прутка вынуждает снимать по краям заготовки материал большой толщины, что не рационально. Кроме этого необходимо будет высверливать отверстие. Коэффициент использования материала будет низкий.

Более рационально получить заготовку данной детали штамповкой.

2.3. Расчет припусков на механическую обработку

Пользуясь методикой [27] расчетно-аналитическим способом найдем межоперационные припуски для механической обработки главного отверстия $\varnothing 55H7(+0,030)$.

Для расчета необходимо иметь последовательность переходов по обработке точного отверстия с 7 квалитетом точности и с шероховатостью поверхности Ra0,63 мкм. По [23] необходимые переходы могут быть следующие: отверстие прошито в штамповке; растачивание черновое; растачивание получистовое; протягивание; шлифование.

Для вычисления минимального припуска используется формула:

$$2z_{\min} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta \varepsilon_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.2)$$

где $R_{Z_{i-1}}$ - шероховатость предшествующего перехода, мкм;

h_{i-1} - глубина так называемого поверхностного дефектного слоя, мкм;

Δ_{np} - суммарное отклонение в пространстве у поверхности, мкм;

ε_y - погрешность установки зубчатого колеса, мкм.

Таблица 2.1 - Припуски на базовое отверстие зубчатого колеса $\varnothing 55H7$ $\left(f_{0,03} \right)$

Переходы	Допуск Т _A , мм	IT, квалите T	Элементы припуска, мкм				Припуски предельные, мкм		Расчетные размеры, мм	
			h	Rz	$\Delta_{пр}$	ϵ_y	Z _{min}	Z _{max}	\varnothing_{min}	\varnothing_{max}
1. Штамповка	1,9	16	150	200	400				50.95	52.85
2. Растачивание черновое	0,46	13	50	50	24	200	1594	3034	53.98	54.44
3. Растачивание чистовое	0,12	10	20	25	16	100	406	746	54.73	54.85
4. Протягивание	0,046	8	4	6	8	9	141	215	54.945	54.991
5. Шлифование	0,03	7	6	0.8	4	5	39	55	55.00	55.03

По данным [23] штамповка зубчатого колеса относится по сложности к группе С2. Размерная схема с припусками представлена на рисунке 2.1.

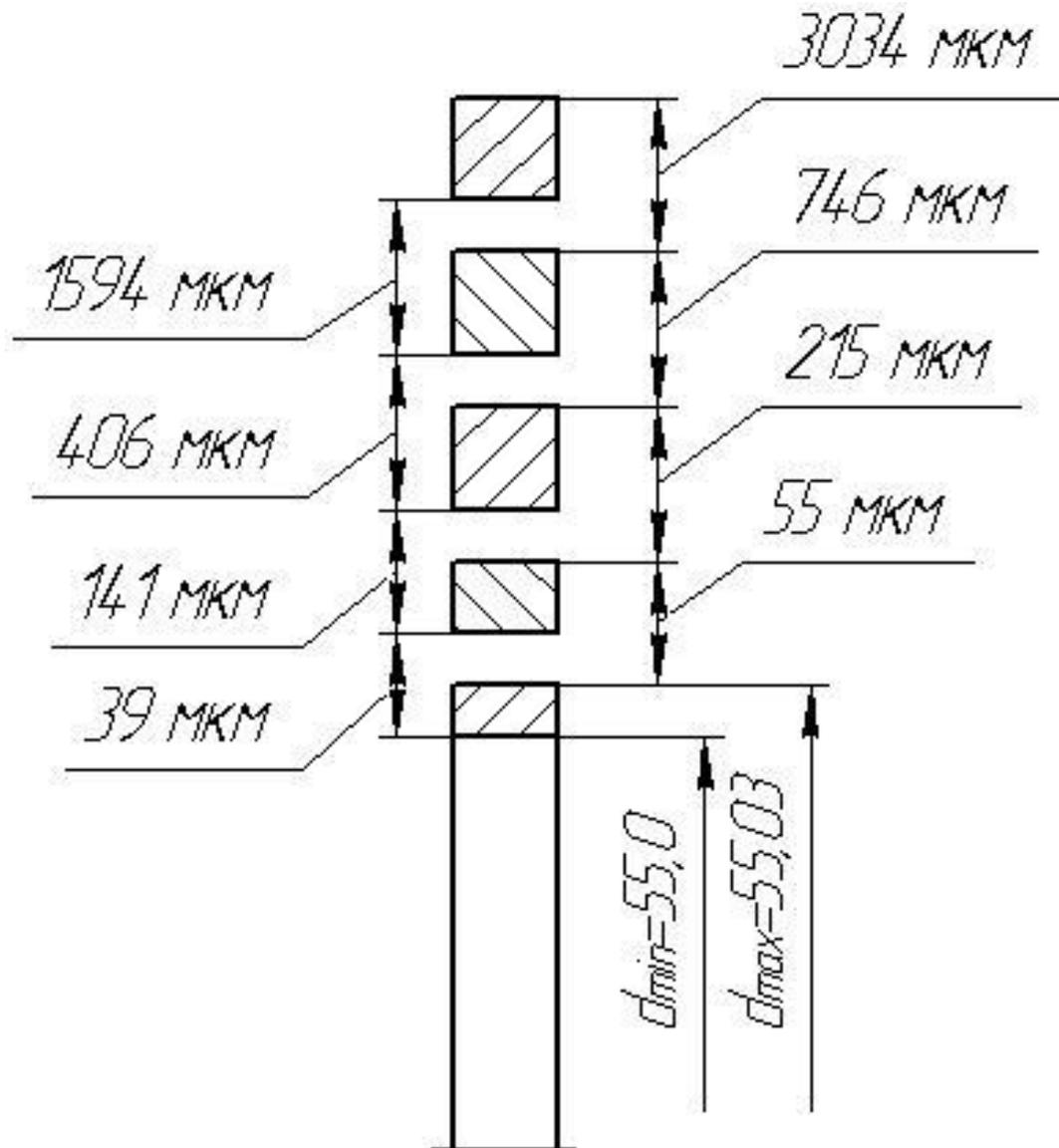


Рисунок 2.1 - Графическая схема припусков

2.3. Разработка технологического маршрута и схем базирования

Для того, чтобы выбрать методы обработки поверхностей втулки зубчатой, необходимо указать точность, тип поверхности и шероховатость у каждой поверхности (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Маршруты обработки зубчатой втулки

№ поверхности	Вид	Квалитет	Величина размера, мм	Ra, мкм	Обработка поверхностей
1	2	3	4	5	6
1	П	12	145	1,25	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
2	П	12	4	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
3	П	12	55	1,25	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр – Ш.пр. (7;Ra 1,25)
4	Ф	12	117	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
5	П	12	65	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
6	П	12	50	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
7	Ф	12	117	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
8	П	12	145	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
9	О	7	55	0,63	Рас. черн.(13;Ra 6,3) – Рас. чист.(10;Ra 3,2) – Прот.(8;Ra 1,25)- ТермоОбр – Ш(7;Ra 0,63)
10	Ц	6	100	0,63	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр – Ш.пр. (7;Ra 1,25) - Ш. чис. (6; Ra 0,63)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
11	Ц	10	145	3,2	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
12	З	ст.т.8 -В	140	1,25	З.Ф.(10;Ra 3,2) – З.Ш.(8;Ra2,5) - ТермоОбр– З.Ш.(7;Ra 1,25)
13	З	12	135	6,3	З.Ф.(10;Ra 3,2) –ТермоОбр
14	Р	-	10	3,2	Свер.(11; Ra 6,3) – Зенков.(9;Ra2,5)– Рез.(8;Ra2,5) - ТермоОбр
15	Ф	12	2	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
16	Ф	12	2	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
17	Ф	12	2	6,3	Т. черн.(12; Ra 6,3) – Т. чист. (10; Ra 3,2) – ТермоОбр
18	Ф	8	10	3,2	Рас. чист.(10;Ra 3,2) –ТермоОбр
19	П	14	58	6,3	Рас. чист.(10;Ra 3,2) –ТермоОбр

Условные обозначения:

Поверхности: Ц – цилиндрические;

Т – торцевые;

П – паз;

З – зубья;

Ф – фаска;

Виды обработки:

Т – точение;

Т_ч – точение чистовое;

ТО – термообработка;

Ш – шлифование;
 С – рассверливание (сверление);
 Р – растачивание черновое;
 Р_ч – растачивание чистовое;
 Р_т – растачивание тонкое;
 П_р – протягивание;
 Р_з – резьбонарезание;
 З – зубофрезерование;
 Ш – шевингование.

Для зубчатого колеса все переходы для элементарных поверхностей сгруппированы по операциям и показаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Технологический маршрут по изготовлению зубчатого колеса

№ опер.	Наименование операции	Содержание операции	Номер обрабатыв. поверхности	Квалитет точности, IT	Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная (штамповка)		-	16	20
005	Токарная	Установ А:Точение черновое	11,5,4,3,1	13	12,5
		Растачивание черновое	9	13	12,5
		Установ Б:Точение черновое	5,8,20	13	12,5
		Растачивание получистовое	9	10	6,3

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6
		Точение чистовое	5,8,20	10	6,3
		Растачивание чистовое	9	8	3,2
		Установ В:точение чистовое	5,3,10,1,2,16 ,15	10	6,3
010	Протяжная	Протягивани е паза и отверстия	9,18,19	8	2,5
015	Сверлильная	Сверление зенкование Нарез.резьбы	14	-	3,2
020	Зубофрезерная	Фрезеровани е зубьев	12	10ст.т.	3,2
025	Зубошевинговальна я	Шевингован ие зубьев	12	8ст.т.	2,5
030	ТО	Закалка зубьев	12		
035	Внутришлифовальн ая	Шлифование отверстия	9	6	0,63
040	Торцекруглошлифо вальная	Шлифование шейки и торца	3,10	6	0,63
045	Зубошлифовальная	Шлифование зубьев	12	7	1,25
050	Моечная				
055	Контрольная				

Таблица 2.4. – Станки по операциям

№ опер.	Наименование операции	Модель станка
000	Заготовительная(штамповка)	КГШП
005	Токарная	Токарно револьверный 1В340Ф3 (2хпатронный)
010	Вертикально-протяжная	Вертикально протяжной - 7Б65
015	Сверлильная	Вертикально - сверлильный модель2М112
020	Зубофрезерная	Зубофрезерный 53А30П
025	Зубошевинговальная	Зубошевинговальный 5702В
030	ТО	
035	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный 2К227В
040	Торцекруглошлифовальная	Торцекруглошлифовальный 3Т160
045	Зубошлифовальная	Зубошлифовальный 5В833
050	Моечная	Моечная машина
055	Контрольная	Стенд контрольный

2.4. Выбор средств технологического оснащения

При выборе средств технологического оснащения пользуемся рекомендациями [17,10].

005: токарная

Токарно – револьверный 1В340Ф3;
Патрон 7102-0061 ГОСТ 24351-80;
К.01.4981.000-03 Резец расточной Т15К6 ТУ 2-035-1040-86;
РТТNR 3232Р27 Резец контурный Т15К6 ТУ 2-035-892-82
Пластина WCGT 020104EN WCGT;
Расточная вставка ВИ 54.736.00 000-05 ТУ 2-035-811-81;
К.01.4981.000-03 Резец расточной Т15К6 ТУ 2-035-1040-86;
Штангенциркуль ШЦ – I – 200 – 0,05 ГОСТ 166-80
010 Протяжная
Вертикально протяжной 7Б66;
Опорное кольцо;
2405-1254 Протяжка Р6М5К5 ГОСТ 18218-90;
Шаблон.
015 Сверлильная.
Раздельно – сверлильный 2М112;
Скальчатый кондуктор с механизированным гидроприводом;
2301-0810 Сверло d=8 Р6М5 ГОСТ 19546-74;
2620-3165 Метчик ГОСТ 17932-72;
Калибр, ШЦ-I-125-0,1 Штангенциркуль ГОСТ 166-89.
020 Зубофрезерная;
Зубофрезерный полуавтомат 53А50П;
Цанговая оправка;
Оправка 7112-1483 ГОСТ 31.1066.02-85;
2520-0707 Фреза червячная Р6М5 ГОСТ 8027-86;
Скоба.
025 Зубошевинговальная.
Зубошевинговальный полуавтомат 5702В;
Цанговая оправка;
2570-0419 Шевер Р6М5 ГОСТ 8570-80;
Скоба.

035 Внутришлифовальная.

Внутришлифовальный станок 2К227А;

Круг 1 40x30x20 24AF140 N 5 V 35 А 1 ГОСТ 52781-2007;

Нутромер НИ 18 - 50 - 1 ГОСТ 868-82.

040 Торцекруглошлифовальный 3Т160.

3-х кулачковый самоцентрирующийся мембранный патрон;

Круг 4 280x60x70 24AF10 Q 5 V 35 А 1 ГОСТ 52781-2007;

Микрометр МРИ 200-0,002 ГОСТ 4381-87.

045 Зубошлифовальная.

Зубошлифовальный станок 5В833;

Круг 3 350x120x80 25А F12 О 6 V 35 АА 2 ГОСТ 52781-2007.

055 Контрольная 8221-3013 Пробка ГОСТ 17758-72.

ШЦ-I-150-0,05 Штангенциркуль ГОСТ 166-89;

Микрометр МРИ 200-0,002 ГОСТ 4381-87;

Индикатор 1 МИГ-1 ГОСТ 9696-82.

2.5. Разработка технологических операций

Последовательность переходов представлены на листах технологических наладок (токарно-револьверная с ЧПУ, сверлильная и зубофрезерная операции). Содержание остальных операций (см. приложение) внесены в маршрутную карту.

Расчетно – аналитическим способом рассчитываем режимы резания на 010 токарно – револьверную операцию, на остальные назначаются табличные значения.

Расчет ведется по методике, изложенной в [28]. Станок 1В340Ф3. Черновое точение поверхностей 3, 4, 7, 8. Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \quad (2.3)$$

где $C_{v,m,x,y}$ – коэффициент и показатели степеней;

T – стойкость чернового инструмента, мин.

По переходам назначаем материал:

1 переход – подрезка торца: для подрезного резца с твердосплавной пластиной Т5К10 (в дальнейшем указывается содержание перехода и материала резца);

2 переход: снятие напуска – Т5К10;

3 переход: точение по контуру – Т15К6;

4 переход: точение канавок – Т5К10;

5 переход: черновое растачивание отверстия – Т15К6.

Для всех инструментов $T=60$ мин.

Глубина резания составит с учетом расчета по переходам t :

Для 1 перехода: $t = 2,3$ мм;

Для 2 перехода: $t = 3$ мм;

Для 3 перехода : $t = 1$ мм;

У 4 перехода: $t = 4$ мм;

У 5 перехода: $t = 1,25$ мм.

Подача S для черновой обработки выбирается максимально возможной. По переходам:

1 - $S = 0,8$ мм/об;

2 - $S = 0,6$ мм/об;

3 - $S = 0,6$ мм/об;

4 - $S = 0,26$ мм/об;

5 - $S = 0,3$ мм/об.

По паспорту станка подача уточняется $S_1 = 0,8$ мм/об; $S_2 = 0,6$ мм/об; $S_3 = 0,6$ мм/об; $S_4 = 0,25$ мм/об; $S_5 = 0,25$ мм/об.

Определяем расчетную скорость выполнения переходов по формуле 2.3 для следующих переходов:

$$1 - v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} K_v$$

где $K_v = K_v \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ - коэффициент, учитывающий через K_{mv} - материал заготовки; K_{nv} - состояние поверхности; K_{uv} - материал инструмента:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv}, \quad (2.3)$$

где K_r – характеристика группы сталей по обрабатываемости;

σ_B - предел прочности материала заготовки, МПа. Тогда:

$$K'_v = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{912} \right)^{1,0} \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,47 \text{ для 1 и 2 перехода}$$

$$K''_v = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{912} \right) \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,9 \text{ для 3 перехода}$$

$$K'''_v = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{912} \right) \cdot 1,0 \cdot 0,65 = 0,59 \text{ для 4 перехода}$$

$$K''''_v = 1,1 \cdot \left(\frac{750}{912} \right) \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 1,27 \text{ для 5 перехода}$$

$$v_1 = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2,3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,47 = 69 \text{ м/мин}$$

$$2 \ v_2 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,9 = 140 \text{ м/мин}$$

$$3 \ v_3 = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,59 = 106 \text{ м/мин}$$

$$4 \ v_4 = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} \cdot 1,27 \cdot 0,9 = 170 \text{ м/мин}$$

Определяем обороты шпинделя по переходам:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ об/мин} \quad (2.4)$$

где: V – скорость резания, м/мин;

D – Обрабатываемый диаметр, мм.

$$1. n_1 = \frac{1000 \cdot 69}{\pi \cdot 150} = 151 \text{ об/мин}$$

$$2. n_2 = \frac{1000 \cdot 140}{\pi \cdot 150} = 238 \text{ об/мин}$$

$$3. n_3 = \frac{1000 \cdot 106}{\pi \cdot 150} = 307 \text{ об/мин}$$

$$4. n_4 = \frac{1000 \cdot 170}{\pi \cdot 55} = 344 \text{ об/мин}$$

Определяем мощность резания

$$N = \frac{P_{zv}}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

где P_z – тангенциальная сила резания, Н.

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x S^y v^n K_p, \quad (2.6)$$

где $C_{p,x,y,n}$ - коэффициент и показатели степени:

K_p – коэффициент.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{jp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.7)$$

учитывает условие резания.

Расчет ведем для максимальных режимов 1, 2, 3 переходов и выбираем максимальное значение.

$$K_p^{1-3} = \left(\frac{912}{750} \right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,91$$

$$P_z^1 = 10 \cdot 300 \cdot 2,3^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 75^{-0,15} \cdot 0,93 = 2840 \text{ Н};$$

$$P_z^2 = 10 \cdot 300 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 118^{-0,15} \cdot 0,93 = 2790 \text{ Н};$$

$$P_z^3 = 10 \cdot 300 \cdot 0,55^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 166^{-0,15} \cdot 0,93 = 713 \text{ Н}.$$

Для 1 и 2 перехода $P_{x \max}$

$$N = \frac{2840 \cdot 75}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт}.$$

По паспорту мощность станка 1В340Ф3 6кВт.

$$N_{\phi} < H_{\text{наст}}.$$

Данный станок применим для данной операции по мощности.

Основное время определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ мин} \quad (2.8)$$

где L – длина обработки, включая врезание резца $l=1$ мм; перебег $\Delta = 2$ мм.

Определяем основное время по переходам:

$$1 \quad T_o^1 = \frac{1 + 28 + 2}{160 \cdot 0,8} = 0,24 \text{ мин};$$

$$2 \quad T_o^2 = \frac{4 \cdot 4 + 1 \cdot 4 + 47 + 57}{160 \cdot 0,6} = 1,9 \text{ мин};$$

$$3 \quad T_o^3 = \frac{5 + 30 + 5}{250 \cdot 0,6} = 0,6 \text{ мин};$$

$$4 \quad T_o^4 = \frac{8 + 2}{310 \cdot 0,25} = 0,13 \text{ мин};$$

$$5 \quad T_o^5 = \frac{145 + 3}{380 \cdot 0,25} = 1,37 \text{ мин}.$$

Определим штучное время на операцию

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{с}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} + T_{\text{орг}}, \text{ мин.} \quad (2.9)$$

где T_o - операционное время на обработку;

$T_{\text{обс}}$ и $T_{\text{отд}}$ - время технического обслуживания и время на отдых;

$$T_{\text{с}} = T_{\text{ус}} + T_{\text{ун}} + T_{\text{из}}, \quad (2.10)$$

где T_{yc} - время установки зубчатого колеса, мин.;

$T_{из}$ - время, отведенное на измерения, мин.

В данном случае время на управление станком:

Включить – выключить $T_{yn} = 0,02 \text{ мин.}$;

Время на установочные переходы для заготовки:

$$T_{yc} = 0,15 + 0,024 = 0,17 \text{ мин.}$$

время по измерениям:

$$T_{из} = 0,12 \text{ мин.}$$

Тогда $T_6 = (0,02 + 0,17 + 0,12)1,85 = 0,57 \text{ мин.}$

Время отдыха

$$T_{отд} = 0,05\% (T_o), \quad (2.11)$$

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_{ion} = 1,9 + 0,24 + 0,6 + 0,13 + 1,37 = 4,84$$

Тогда

$$T_{отд} = 0,05 \cdot 4,84 = 0,21 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места по [23]

$$T_{обс.орг} = 0,06\% \left(\sum_o \right) = 0,06 \cdot 4,84 = 0,25 \text{ мин.} \quad (2.12)$$

И штучное время на операцию:

$$T_{шт} = 4,84 + 0,57 + 0,21 + 0,25 = 5,9 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к} = 5,9 + 15/15 = 6,9 \text{ мин.}$$

На остальные операции режимы резания назначаем по [2].

Все режимы сведены в таблицу 2.5, данные по проверке по мощности – в таблице 2.6, по времени – таблица 2.7.

Таблица 2.5. - Режимы обработки для операций

№-№ перехода	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Обороты шпинделя, об/мин	Подача минутная, мм/мин
015 сверлильная					
Сверление под резьбу	4	0,15	21	838	126
Нарезание резьбы (М10)	1	0,5	18	580	290
020 зубофрезерная					
фрезерование	10	0,01 мм/зуб	86	195	12
Токарная 005					
Точение черновое	2,3	0,4	140	238	95
Подрезка	1	0,6	69	151	91
Точение канавок	4	0,6	106	307	184
Растачивание черновое	1,25	0,25	170	344	86
Точение чистовое	1	0,6	106	307	184

Таблица 2.6 - Силовые составляющие для операций

№-№ перехода	Сила тангенциальная, Н	Сила осевая, Н	Момент крутящий, Нм	Мощность резания, кВт	Стойкость инструмента, мин
Сверлильная 015					
Сверление под резьбу	-	1691	5,6	0,5	20
Нарезание резьбы (М10)	-		2,7	-	90
Зубофрезерная 020					
фрезерование	14	-	10	0,02	90
Токарная 005					
Точение черновое	2790	-	-	3,4	60
Точение чистовое	2840	-	-		
Точение канавок	1705	-	-		
Растачивание черновое	1129	-	-		
Растачивание чистовое	713	-	-		

Таблица 2.7 - Нормирование операций

№-№ перехода	Основное время	Вспомогательное время, мин	Время обслуживания	Время отдыха, мин
сверлильная				
Сверление под резьбу	0,3			
Нарезание резьбы (М10)	0,1	$(0,06+0,04+0,04 \cdot 2+0,15) \cdot 1,85$ =0,6	$0,4 \cdot 0,06=0,02$	$0,4 \cdot 0,04$ =0,02
Тшт-к=1,04 мин				
зубофрезерная				
фрезерование	3	$(0,12+0,04+0,14+0,18) \cdot 1,85$ =0,9	$3 \cdot 0,06=0,18$	$3 \cdot 0,04$ =0,12
Тшт-к=4,2 мин				
токарная				
Точение черновое	0,84			
Точение чистовое	0,24			
Точение канавок	0,13			
Растачивание черновое	1,37			
Тшт-к=6,9 мин				

2.6. Выбор метода упрочнения поверхности при обработке

Индукционная закалка методом ТВЧ является эффективным средством повышения твердости поверхностного слоя, причем только по рабочей поверхности, или вместе с впадинами и вершинами зубьев.

Подбором высокочастотного генератора можно регулировать глубину закаленного слоя с учетом размеров зубчатого венца. Сам процесс выполняется автоматически, загрузка выгрузка может быть ручная или автоматизированная.

Недостатком может считаться необходимость в конфигурировании индуктора под параметры конкретной шестерни, что для широкономенклатурного производства может быть накладно.

Для детали указанных параметров закалка происходит для вращающейся заготовки индуктором. Он выполняется в виде кольца с встроенной спрейерной установкой. При обработке это кольцо перемещается снизу вверх вдоль обрабатываемой поверхности.

Для универсального способа упрочнения можно применить лазерную закалку. Это локальный нагрев небольшого участка обрабатываемой поверхности заготовки при помощи лазерного излучения. Далее происходит охлаждение данного поверхностного участка. Причем скорость охлаждения сверхкритическая. Это возможно благодаря теплоотводу тепла внутрь металла.

Производительность данного метода большая благодаря тому, что время нагрева и охлаждения небольшие. Выдержка при температуре нагрева как таковая отсутствует. При этом поверхностная твердость зубьев повышается до 59-60 HRC.

Лазерной закалкой проводят упрочнение только боковой поверхности зубьев. Причем особое внимание уделяют самым нагруженным зонам зубьев.

Преимущества лазерного упрочнения - формирование мелкозернистой структуры, исключение трещин на поверхности зуба, повышение

сопротивляемости для контактных нагрузок, возможность управления распределения твердости. Для выбранного материала твердость может повысится до 63...65 HRC. Это обеспечит сопротивление такому виду износа, как выкрашивание. Аналогом по параметрам является операция цементация для низколегированных сталей, имеющих средние показатели обрабатываемости. Или азотирование с длительным циклом обработки.

Бездефектный, в отличие от цементованной и азотированной поверхностей, слой имеет пластичность, что благоприятно сказывается на сопротивляемости по усталостным разрушениям .

Поэтому лазерная закалка позволяет повысить качество и твердость при более дешевом материале заготовки и технологии обработки.

Рабочие характеристики лазерного упрочнения:

мощность излучения, Вт;

диаметр пятна фокусирования, мм;

время облучения, которое определяется скоростью перемещения рабочего пятна по заготовке;

характеристика распределения мощности в облучаемой зоне.

При этом в зоне обработки возникают следующие параметры: температура нагрева; скорость нагрева; время нагрева; скорость охлаждения; время термического цикла, которое составляет 0,3...0,5с.

Лазерная закалка является поверхностным методом обработки, в отличии от объемной закалки, ТВЧ, закалкой в расплаве. Это положительно сказывается на стабильности геометрии зубьев.

Упрочнение лазерным излучением может в техпроцессе стоять последним переходом, поскольку без плавления не изменяется шероховатость. Поэтому нет необходимости в доводке.

Короткий термический цикл при лазерной закалке равен 0,3..0,5 с. Это обеспечивает высокую скорость и нагрева и охлаждения. Поэтому формируется мелкая зернистость при однородности структуры.

Оснащение современных металлорежущих станков лазерными головками позволяет совместить цикл обработки лезвийным или абразивным инструментом с термообработкой. При этом нет необходимости упрочнять всю заготовку.

За счет системы управления лазерной головкой возможно упрочнять поверхности сложной формы, включая зубчатую. Если лазерная головка имеет полосовой луч, траектория его движения значительно упрощается.

В тоже время возможно упрочнять или модифицировать поверхности широкой номенклатуры геометрии или материалов. При этом повышается их эксплуатационные характеристики, а это позволит заменить дорогие, сложные легированные сплавы на более простые и дешевые.

При выборе лазерной головки важно формировать заданное распределение плотности мощности излучения в пятне нагрева. Это обеспечит равномерный тепловой подвод в зоне обработки при сложной траектории движения лазерного луча по обрабатываемой поверхности. А это приведет без оплавления поверхности к максимальному равномерному качеству полученного слоя.

Использование системы управления станком позволяет манипулировать головкой и лучом по заданной программе совместно с поворотами обрабатываемой заготовкой. Это расширяет технологические возможности станка и соответствующего производственного участка по обработке самых сложных поверхностей у разнообразных деталей.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

3.1. Расчет и проектирование скальчатого редуктора

Цель раздела – спроектировать специализированное приспособление для сверлильной операции [1, 3, 4].

3.1.1 Сбор исходных данных

На сверлильной операции выполняется последовательно сверление под резьбу Ø8 мм, нарезание резьбы M10×1,5 (рисунок 3.1).

Вид и материал детали – после токарной обработки, сталь 35Х. $\sigma_B = 912 \text{ МПа}$, НВ 200-220.

Инструмент: сверло спиральное Ø8 из стали Р6М5; метчик М10 из стали Р6М5.

Режимы резания (методика расчетом по п. 2.5):

1. сверление: $S = 0,15 \text{ мм/об}$; $V = 21 \text{ м/мин}$; $t = 4 \text{ мм}$;
2. нарезание резьбы: $S = 0,5 \text{ мм/об}$; $V = 18 \text{ м/мин}$; $t = 1 \text{ мм}$;

Тип приспособления – одноместное, универсальное (УНП) наладочное со сменными установочными элементами и кондукторной плитой (рисунок 3.1).

3.1.2. Расчет крутящего момента и осевой силы резания

Расчет крутящего момента и осевой силы резания выполним по методике, изложенной в [9].

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q S^y K_p \text{ (Н.м)}, \quad (3.1)$$

$$P_o = 10C_m \cdot D^q S^y K_p \text{ (Н)}, \quad (3.2)$$

где D – диаметр сверла, мм;

S – подача, мм/об;

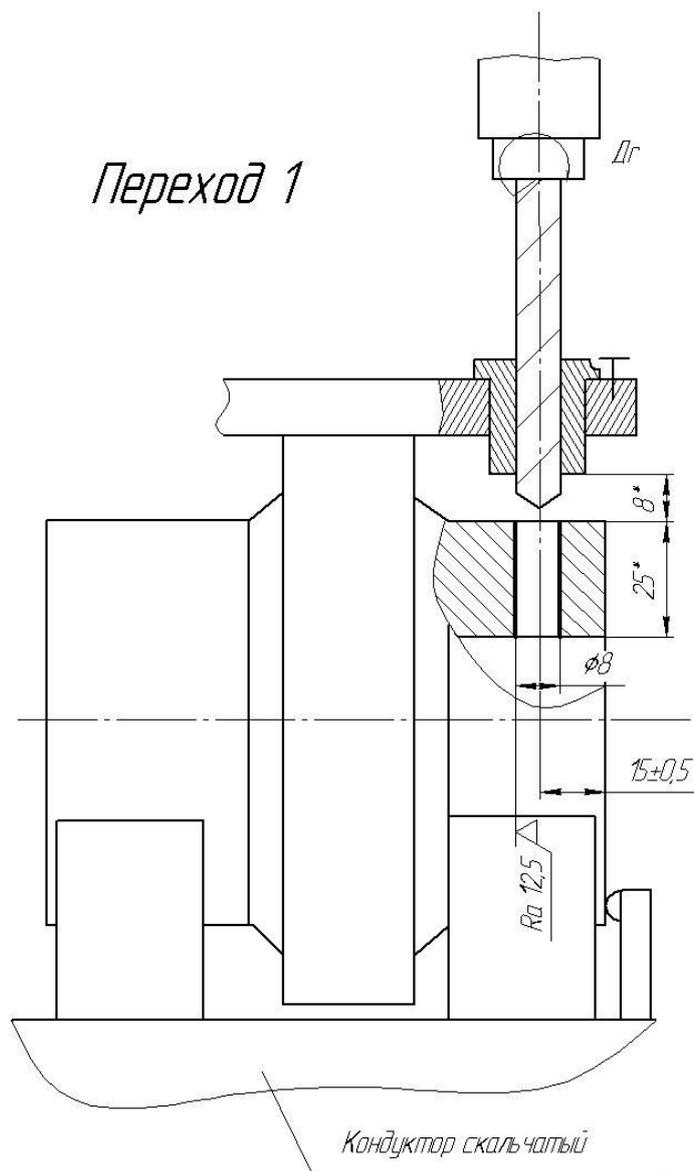


Рисунок 3.1 – Операционный эскиз

C_m , C_p , q , y – поправочные коэффициенты и показатели степеней, учитывающие условия обработки;

K_p – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала:

$$K_p = Kr \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_p}, \quad (3.3)$$

где Kr и n_p – коэффициенты и показатель степени, учитывающие материал

инструмента, детали и силовой обработки;

σ_B - предел прочности, МПа.

По [28] $Kr = 1,0$; $\sigma_B = 912 \text{ МПа}$; $n_p = 0,9$.

Тогда

$$K_p = 1,0 \left(\frac{750}{912} \right)^{0,9} = 0,84.$$

Все параметры C_p , C_m , q , y – выбираем по [17]. Тогда

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^{2,0} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,84 = 5,6 \text{ Н.м.} = 5600 \text{ Н.мм};$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,84 = 1691 \text{ Н.}$$

Расчет в дальнейшем ведем только для сверления, т.к. силы резания при нарезании резьбы значительно меньше.

3.1.3. Расчет усилия зажима

Необходимо составить систему сил, действующих на заготовку и решить ее относительно силы закрепления (см. рисунок 3.2).

В данном случае влиянием осевой силы P_o можно пренебречь, т.к. она прижимает заготовку к установочным элементам приспособления.

Рассчитаем усилия зажима для усилия P_z , равного $P_z = \frac{2M_{kp}}{D} = 1400 \text{ Н}$, стремящегося сдвинуть заготовку с установочных элементов, но этому препятствует сила трения, равная $T = W_1 \ell$ [28].

Из условия равновесия сил необходимую силу закрепления заготовки [4]:

$$W_1 = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.4)$$

где K – коэффициент запаса;

f – коэффициент трения в месте приложения силы W .

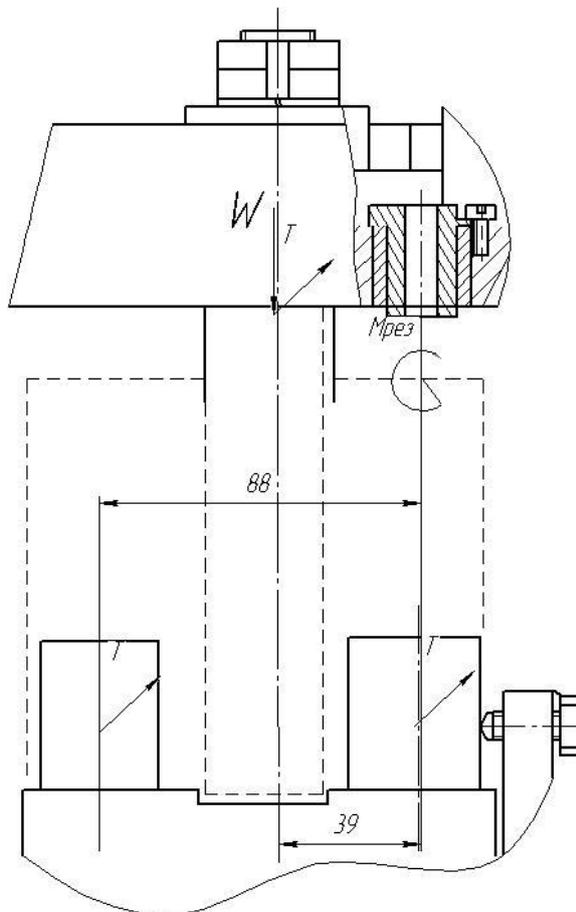


Рисунок 3.2 – Расчет силы закрепления

Коэффициент K :

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3, \quad (3.5)$$

где $K_0 = 1,5$;

K_1, K_2, K_3 - поправочные коэффициенты: $K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2,16$.

По [28] если к получилось меньше 2,5 принимаем $K = 2,5$.

Коэффициент трения f принимается при гладких поверхностях установочных элементов $f=0,15$;

Подставив в формулу (3.4) имеем:

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot 1400}{4 \cdot 0,15} = 5833H.$$

Проведем расчет для усилия зажима необходимого, чтобы уравновесить момент резания, стремящийся вывернуть заготовку из призм.

При этом на призме под отверстием движение заготовки происходит под действием момента резания в направлении оси X. в точке контакта заготовки и установочного элемента возникает сила трения $T_1 = W \cdot f$, которая создает противодействующий $M_{кр}^{рез}$ момент $M_{закр}^1$. Плечо действие силы трения T_1 из рисунка 3.2 равно $l_1 = 88$ мм. Аналогично для силы трения T_2 в месте контакта кондукторной плиты и заготовки с плечом $l_2 = 39$ мм и силы трения T_3 в точке контакта заготовки и второй призмы. Силы T_2 и T_3 действует по оси y. Плечи l_1, l_2, l_3 находятся конструктивно.

Момент закрепления находится по формуле:

$$M_{закр}^2 = T_1 l_1 + T_2 l_2 + T_3 l_3 = W_2 (f_1 (l_1 + l_3) + f_2 l_2), \quad (3.6)$$

где f_1 – коэффициент трения заготовки о призмы;

f_2 – коэффициент трения кондукторной плиты о заготовку.

Принимаем $f_1 = f_2 = 0,16$. Тогда с учетом $M_{рез}^{кр}$ равного 5,6 Н.м получаем

$$W_2 = \frac{K \cdot M_{рез}^{кр}}{f (l_1 + l_2 + l_3)} \quad (3.7)$$

Подставляя значения, получим:

$$W_2 = \frac{2,5 \cdot 5600}{0,16 (8 + 39 + 50)} = 494 \text{ Н}.$$

Дальнейшие расчеты ведем для силы $W_1 = 5833 \text{ Н}$.

3.1.4. Расчет зажимного механизма и силового привода

Величина усилия на штоке силового привода рассчитывается по формуле:

$$Q = W / \left(1 - \frac{3\ell}{H} \times f_1 \right), \quad (3.8)$$

где ℓ - вылет рамы, т.е. расстояние от места приложения силы W до оси поршня (выбирается конструктивно $\ell = 120$ мм);

H - длина направляющей втулки штока поршня (принимается $H = (1,0 \dots 1,5) \ell = 130$ мм);

f_1 - коэффициент трения, принимаемый при ограниченной смазке стали по стали $f_1 = 0,1$ мм.

$$Q = \frac{5833}{1 - \frac{3 \cdot 120}{130} \cdot 0,1} = 8100H.$$

Для Q разместить силовой привод во внутренней полости кондуктора.

Диаметр поршня определяется по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.9)$$

где P - избыточное давление воздуха.

$$\text{Имеем } D = 1,13 \sqrt{\frac{8100}{0,4}} = 160 \text{ мм}.$$

Опыт конструирования показывает, что сам диаметр поршня силового привода превышает 80 мм, то конструкция кондуктора получается громоздкой и нетехнологичной. Следует применить гидравлический привод. Выбираем давление масла $P = 2$ МПа, чтобы поршень был не больше 80 мм.

При $P = 2$ МПа, $D = 75$ мм. Принимаем $D = 80$ мм. Ход поршня принимаем из условия свободной установки заготовки на призмы. Принимаем $S_q = 40$ мм.

3.1.5 Расчет точности установки заготовки

Расчет погрешности установки ведем по формуле:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{\left(\varepsilon_{T1} + \varepsilon_{\delta} \right)^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_{n.u.}^2 + \left(\varepsilon_{m2} + \omega \right)^2}, \quad (3.10)$$

где T – допуск на операционный размер ($T=0,4$ мм);

K_T – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющей величины от нормального распределения ($K_T=1$);

ε_{δ} – погрешность базирования (для данного случая упор является технологической и измерительной базой; $\varepsilon_{\delta} = 0$);

ε_y – погрешность установки (для данного случая $\varepsilon_y=0,26$ мм);

ε_u – погрешность износа установочных элементов приспособления:

$$\varepsilon_u = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 N_{\phi} / N_B, \quad (3.11)$$

где K_1, K_2, K_3, K_4 – коэффициенты (0,97; 1,0; 0,94; 2,8);

N_{ϕ} – фактическое число установок заготовок (1200 деталей);

N_B – базовое число установок $N_B = 10^6$;

U_0 – средний износ ($U_0=0,05$ мм).

$$\varepsilon_{u.n} = 0,05 \cdot 0,97 \cdot 0,94 \cdot 2,8 \cdot \frac{1200}{10^6} = 0,002 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{u.n}$ – погрешность от перекоса инструмента во втулке (или втулки быстросменной во втулке постоянной – выбирается максимальной) для инструмента и втулки.

$$\varepsilon'_{nm} = \frac{S - S_{mm}}{2} = \frac{0,35 + 0,004}{2} = 0,018 \text{ мм}.$$

для втулок

$$\varepsilon''_{nm} = \frac{0,016 + 0,004}{2} = 0,005 \text{ мм}.$$

Принимаем $\varepsilon_{\text{м}} = 0,018\text{мм}$, ω - экономическая точность обработки ($\omega = 0,18\text{мм}$); $K_{\text{т2}} = 0,6$ (по рекомендациям)

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,4 - \sqrt{(0,26^2 + 0,002^2 + 0,18^2 + 0,6 + 0,18)} = 0,06.$$

Распределяем допуск по размерам:

от оси установочных пальцев (отверстия в плите);

до оси отверстия под кондукторскую втулку 0,02;

от оси отверстия под установочные пальцы до установочной поверхности упора 5 – 0,04 мм.

3.1.6 Описание приспособления и принципа его работы

Скальчатый кондуктор предназначен для базирования и закрепления заготовки.

Скальчатый кондуктор (СК) содержит корпус 1 с плитой 12 и призмами 11. По направляющим втулкам 6, 7 в корпусе установки шток 2 и скалки 5 на которых закреплена плита кондукторная 4 и рамка 3. на штоке 2 закреплен поршень 10, находящийся в гидроцилиндре 8 с крышкой 9.

Скальчатый кондуктор работает следующим образом. Заготовка устанавливается на призмы 11. Давление подается в верхнюю полость гидроцилиндра 8. Под давлением рабочей среды поршень тянет шток 2 и плитой 4, которая принимает заготовку.

Раскрепление происходит в обратном порядке.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАБОТЫ

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Паспорт технического объекта

№ п/п	Технический и/или технологический процесс	Операция технологического процесса и/или вид предлагаемых работ	Должность работающего, который будет выполнять предлагаемый технологический процесс и/или операцию	Технологическое оборудование и/или техническое приспособление, устройство	Используемые материалы и/или вещества
1	Зубофрезерная	Зубофрезерование	Фрезеровщик	Вертикальный зубофрезерный станок 53А80	Фреза червячная
2	Термообработка	Закалка	Термист	Печь	Масло

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 4.2 Идентификация профессиональных рисков

№п/п	Производственная операция, технологическая операция и/или эксплуатационная операция, технологическая операция; вид предлагаемых работ	Производственный вредный и/или опасный фактор	Источник вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора
1	Термическая	Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды; факторы, связанные с электрическим током.	Печь индукционная; заготовка
2	Фрезерная	Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды; режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; высокий уровень вибраций, шума; факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания; факторы, связанные с электрическим током	Станок; фреза червяная.

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно-технические методы частичного снижения, полного устранения вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора	СИЗ работающего
1	Факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды	Ограждения зон высокой опасности; Соблюдение регламента.	Специальная одежда
2	режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Закрытая зона обработки	Рукавицы
3	Высокий уровень вибраций, шума	защитный экран рабочей зоны	Беруши
4	факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	Вентиляции с фильтрацией воздуха	
5	факторы, связанные с электрическим током	Заземление оборудования	Рукавицы резиновые

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

Таблица 4.4 – Определение характеристик пожара

№ п/п	Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
1	2	3	4	5	6
1.	Участок для обработки зубчатых колес	Печь; Зубофрезерный станок	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	Неисправность электропроводки; пламя и искры; возгорание промасленной ветоши	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества

Таблица 4.5 – Выбор средства пожаротушения

Средства первичного пожаротушения	Средства	Установки	Средства	Оборудование	СИЗ для людей	Инструмент для пожаротушения (механизированный и немеханизированный)	Сигнализация, связь и оповещение при пожаре
Огнетушители ОП-8(з)-АВ(С), ящики с песком, пожарные краны	Пожарные автомобили и пожарные лестницы, ОП-50(з)	Системы пенного пожаротушения Дренчерная система пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	Напорные пожарные рукава и рукавные разветвления	Веревки пожарные карабины пожарные противодымные, респираторы	Лопаты, багры, ломы, топоры, ЩП-Б	Автоматические извещатели

Таблица 4.6 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Название техпроцесса, применяемого оборудования, которое входит в состав технического объекта	Вид предлагаемых к реализации организационных и/или организационно-технических мероприятий	Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, а также реализуемые эффекты
<p>Зубофрезерование на станке;</p> <p>Индукционная закалка</p>	<p>Хранение ветоши в негоряемых ящиках;</p> <p>Применение плавких предохранителей или автоматов в электроустановках станков</p> <p>Правильная эксплуатация оборудования;</p> <p>Автоматические противопожарные устройства</p>	<p>Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей,</p> <p>противопожарные инструктажи в соответствии с графиком, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ</p>

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производствен ного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственн ого техпроцесса (производственн ого сооружения или производственн ого здания по функциональному назначению, операций техпроцесса, технического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	Экологическ ое негативное воздействие рассматривае мого технического объекта на атмосферу (опасные и вредные выбросы в воздух)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемог о технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения, сточные воды)	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
Зубофрезе рная; Термическ ая	Печь Зубофрезерный станок	Стружка мелкая, токсичные выделения	СОЖ Взвешенные вещества и нефтепродукт ы	Стружка Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Название технического объекта	Обработка зубчатого венца
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Организация местной вентиляции - фильтр рукавный СРФ - 22
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Утилизация СОЖ с локальной очисткой тех.воды
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение регламентированных процедур, связанных с отходами производства.

4.6 Выводы по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

Были рассмотрены характеристики технологического процесса изготовления зубчатого колеса с идентификацией рисков по процессу изготовления, технологическим операциям. Предложены мероприятия по охране труда, пожарной безопасности, а также экологической безопасности.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

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

В предыдущих разделах был описана технология изготовления одновенцового зубчатого колеса, которая имеет ряд недостатков в плане упрочнения зубчатой поверхности. Для устранения существующего недостатка были предложены изменения в технологическом процессе изготовления зубчатого колеса. Краткое описание существующего и предлагаемого технологического процесса описано в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Краткое описание технологических процессов изготовления зубчатого колеса

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<p>На операции сверления выполняются следующие действия: зацентровка; сверление отверстия $\varnothing 8$ мм; сверление отверстия $\varnothing 14$ мм и нарезание резьбы.</p> <p><u>Оборудование</u> – станок, модели 2М112.</p> <p><u>Оснастка</u> – тиски.</p> <p><u>Инструменты</u>: сверло центровочное, Р6М5 – $T_o = 0,05$ мин.; сверло спиральное $\varnothing 8$, Р6М5 – $T_o = 0,3$ мин.; сверло спиральное $\varnothing 14$, Р6М5 – $T_o = 0,01$ мин; метчик М10 – $T_o = 0,1$ мин.</p> <p>$T_{шт-к} = 1,3$ мин.</p>	<p>На операции сверления выполняются следующие действия: зацентровка; сверление отверстия $\varnothing 8$ мм; сверление отверстия $\varnothing 14$ мм и нарезание резьбы.</p> <p><u>Оборудование</u> – станок, модели 2М112.</p> <p><u>Оснастка</u> – тиски.</p> <p><u>Инструменты</u>: сверло спиральное ступенчатое $\varnothing 8/10$, Р6М5 – $T_o = 0,3$ мин.; метчик М10 – $T_o = 0,1$ мин.</p> <p>$T_{шт-к} = 1,04$ мин.</p>

Кроме описанных условий для обоснования эффективности будет нужна информация о программе выпуска, которая составляет 1200 штук.

Используя исходные данные и методику расчета капитальных вложений [12], определим величину инвестиций в проектируемый вариант. Величина необходимых для осуществления предлагаемых внедрений составит 7856,82 руб. Указанная сумма будет направлена на замену инструменту , а также на проектирование нового технологического процесса.

Используя методику определения себестоимости и калькуляции себестоимости [12] получим значения полной себестоимости выполнения описанной операции до и после внедрения совершенствований, которые составили 18,87 руб. и 15,48 руб., соответственно.

Для большей наглядности продемонстрируем изменения по структуре полной себестоимости в виде диаграммы, описывающей расходы по статьям для рассматриваемых вариантов (рисунок 5.1).

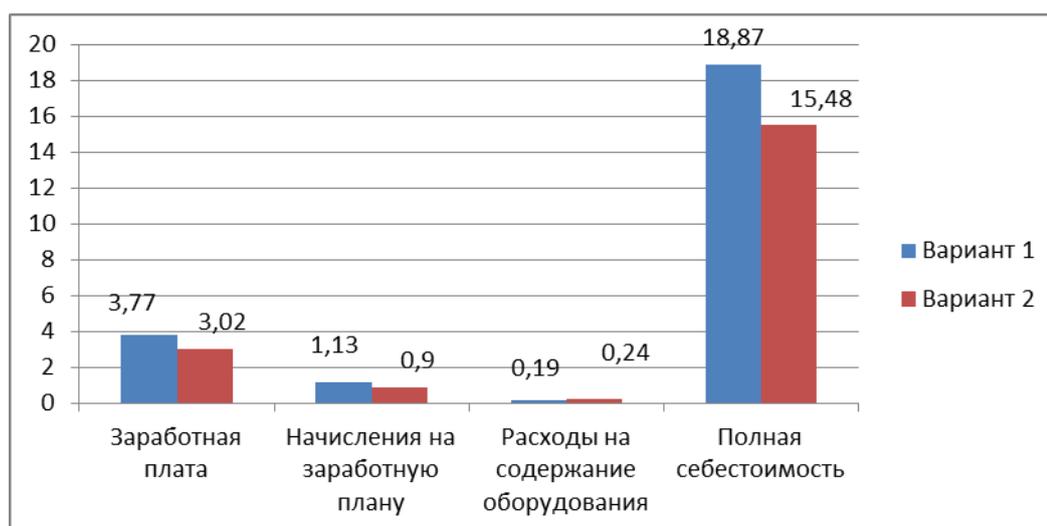


Рисунок 5.1 – Структура технологической себестоимости и величина полной себестоимости, руб.

Анализируя представленную диаграмму, можно сделать вывод о снижении величины полной себестоимости, что является положительным моментом для внедрения предложенного технологического процесса. Однако, чтобы окончательно убедиться в целесообразности его внедрения, необходимо провести расчеты, связанные с экономическим обоснованием данного внедрения.

Чтобы провести экономическое обоснование воспользуемся всеми полученными значениями, представленными ранее, а также методикой расчета экономической эффективности внедряемого проекта [12]. Согласно которой мы можем рассчитать целый ряд значений, необходимых нам для формирования соответствующего вывода о необходимости внедрения нового варианта технологии. Все значения, которые получены, при использовании описанной методике, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты расчетов показателей эффективности

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
			Вариант 1	Вариант 2
1	Капитальные вложения в проект (инвестиции)	$K_{ВВ.ПР}$, руб.	–	7856,82
2	Себестоимость единицы изделия	$C_{ПОЛН}$, руб.	18,87	15,18
3	Чистая прибыль	$П_{ЧИСТ}$, руб.	3254,4	
4	Срок окупаемости инвестиций	$T_{ОК}$, лет	3	
5	Общий дисконтированный доход	$Д_{ОБЩ.ДИСК}$, руб.	9294,57	
6	Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход)	$Э_{ИНТ} = ЧДД$, руб.	1437,75	
7	Индекс доходности	$ИД$, руб. / руб.	1,18	

Анализируя данные, представленные в таблице 5.2., можно сделать заключение о том, что внедрение предложенных изменений в технологический процесс будет эффективным. Об этом свидетельствуют значения, полученные расчетным путем. А именно, положительная величина интегрального экономического эффекта, равная 1437,75 руб. Кроме того, проект окупиться в течение 3-х лет, что для инвестиций в машиностроительное производство является хорошим показателем. И

наконец, индекс доходности (ИД) составляет 1,18 руб./руб., это говорит о том, что каждый вложенный рубль в этот проект принесет предприятию не только возврат вложенных средств, но и дополнительную прибыль. Все вышеперечисленные значения дают нам право сделать заключение об эффективности предложенных изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе на основе анализа служебного назначения детали, ее технологичности, с учетом типа производства спроектирован технологический процесс изготовления зубчатого колеса. Его особенностью является использование на операциях высокопроизводительного оборудования, инструмента. Особое внимание в работе уделено использованию методов упрочнения зубчатой поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справочник / В.Е. Антонюк. – МН: Беларусь, 1991, 400 с.
2. Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.
3. Григорьев, С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ/С.Н. Григорьев [и др.]. - М.:Машиностроение, 2006. - 544 с.
4. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. Т.1/ Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 604с.
5. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
6. Старков В. К. Физика и оптимизация резания материалов /В. К. Старков. - Москва:Машиностроение, 2009. - 640 с.
7. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании/С. А. Васин [и др.]. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 447 с.
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 – 01 - 07. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
9. Технология машиностроения: в 2 т. Кн.1. Основы технологии машиностроения/Э. Л. Жуков [и др.] - М.: Высш. шк., 2005. - 278 с.
10. Тайц, В. Г. Технология машиностроения и производство подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин/В. Г. Тайц - М.:Академия, 2007. - 365 с.
11. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. М. Зубарев. – Санкт - Петербург : Лань, 2015. - 400 с.
12. 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.
13. Инструментальные материалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. – Санкт - Петербург : Политехника, 2016. - 267 с.
 14. Мычко В. С. Основы технологии машиностроения/В. С. Мычко. - Минск: Вышэйшая школа, 2011. - 382 с.
 15. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения/В. Ф. Безъязычный. - Москва: Машиностроение, 2013. - 568 с.
 16. Машиностроение: энциклопедия. В 40 т. Т.III-2 Технологии заготовительных производств/К. В. Фролов [и др.] – Москва: Машиностроение, 1996. - 734 с.
 17. Михайлов А.В., Расторгуев Д.А. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства/ А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев. - Тольятти: ТГУ, 2003. – 160 с.
 18. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / А.А. Панов [и др.]; под общ. ред. А.А. Панова, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2005 – 784 с.
 19. Овумян Г.Г. Справочник зубореза. / Г.Г. Овумян, Я.И. Адам. М.: Машиностроение, 1993 – 194 с.
 20. Проектирование технологической оснастки/В. Ю. Блюменштейн. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 224 с.
 21. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций:электронное учебно - методическое пособие /Д. А. Расторгуев; ТГУ; ; кафедра "ОиТМП".- Тольятти: ТГУ, 2015. -140 с.
 22. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении/Ю. М. Зубарев. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 320 с.
 23. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

24. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с
25. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие/М. М. Кане [и др.]; под ред. М. М. Кане, В. Г. Шелег. -Минск: Вышэйшая школа, 2013. - 311 с.
26. Технология машиностроения: учеб. пособие/И. С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2016. - 240 с.
27. Машиностроение: энциклопедия. В 40 т. Т.1-5 Стандартизация и сертификация в машиностроении/К. В. Фролов [и др.] - Москва: Машиностроение, 2002. - 671 с.

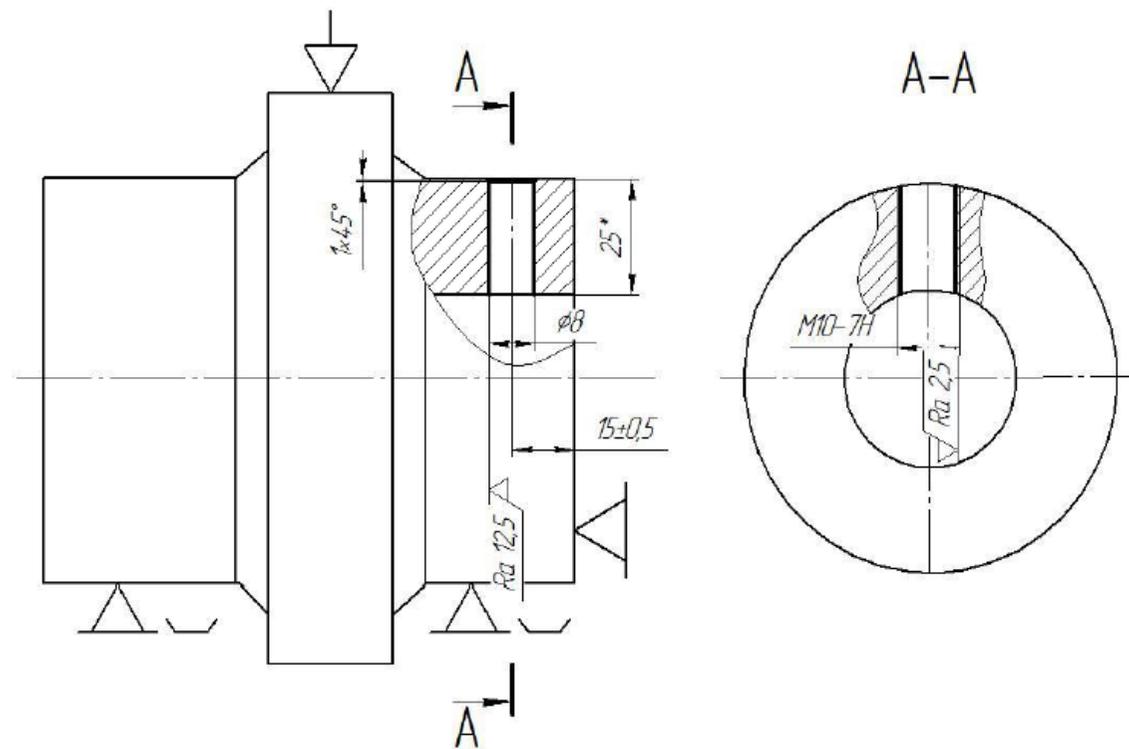
ПРИЛОЖЕНИЯ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
A1			17.БР.ОТМП.117.75.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
<i>Детали</i>								
		1	17.БР.ОТМП.117.75.001	Плита	1			
		2	17.БР.ОТМП.117.75.002	Палец	1			
		3	17.БР.ОТМП.117.75.003	Плита	1			
		4	17.БР.ОТМП.117.75.004	Опора	4			
		5	17.БР.ОТМП.117.75.005	Стойка	1			
		6	17.БР.ОТМП.117.75.006	Шток	1			
		7	17.БР.ОТМП.117.75.007	Щуп	1			
		8	17.БР.ОТМП.117.75.008	Наконечник	1			
		9	17.БР.ОТМП.117.75.009	Рычаг	1			
		10	17.БР.ОТМП.117.75.010	Ось	1			
		11	17.БР.ОТМП.117.75.011	Пружина	1			
		12	17.БР.ОТМП.117.75.012	Винт	1			
		13	17.БР.ОТМП.117.75.013	Подставка	1			
		14	17.БР.ОТМП.117.75.014	Винт	2			
		15	17.БР.ОТМП.117.75.015	Винт	4			
			17.БР.ОТМП.117.75.000.СП					
			Изм. Лист № докум. Подп. Дата					
Инв. № подл.	Разраб.	Сапонов				Лист	Лист	Листов
	Проб.	Расторгуев						1
Инв. № подл.	Н.контр.	Виткалов				МСБЗ-1202		
	Утв.	Логинов						
<i>Копировал</i>				<i>Формат А4</i>				

Дубл.			
Взам.			
Иодл.			

2

015



КЭ

Карта эскизов

