

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)
Специальность 151001.65 «Технология машиностроения»
(код и наименование направления подготовки)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей фрезерного станка МЕСОФ

Студент(ка)

И.П. Новак

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.А. Гуляев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Степаненко А.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Виткалов В.Г

(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 дипломного проекта

Специальность 151001.65 «Технология машиностроения»

Студент Новак Илья Петрович гр. ТМЗ-1101

1. Тема Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей фрезерного станка МЕСОФ
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «02» июня 2017 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе годовая программа выпуска 100000 шт в год; режим работы участка – двухсменный
4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 90-120 с.)
Титульный лист.

Задание. Календарный план. Аннотация. Содержание.

Введение

- 1) *Описание исходных данных*
- 2) *Технологическая часть проекта*
- 3) *Совершенствование операций с помощью научных исследований*
- 4) *Проектирование приспособления*
- 5) *Проектирование режущего инструмента*
- 6) *Проектирование средств контроля*
- 7) *Проектирование средств автоматизации*
- 8) *Безопасность и экологичность проекта*
- 9) *Экономическая эффективность проекта*

Заключение. Список использованной 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

(подпись) Н.Ю. Логинов

« ____ » _____ 2017 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта**

Студента Новак Ильи Петровича

По теме Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей фрезерного станка MECOF

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1 Описание исходных данных	19.03.17	19.03.17	Выполнено	
2 Технологическая часть проекта	22.03.17	22.03.17	Выполнено	
3 Совершенствование операций с помощью научных исследований	01.04.17	01.04.17	Выполнено	
4 Проектирование приспособления	14.04.17	14.04.17	Выполнено	
5 Проектирование режущего инструмента	20.04.17	20.04.17	Выполнено	
6 Проектирование средств контроля	31.04.17	31.04.17	Выполнено	
7 Проектирование средств автоматизации	05.05.17	05.05.17	Выполнено	
8 Безопасность и экологичность проекта	15.05.17	15.05.17	Выполнено	
9 Экономическая эффективность проекта	20.05.17	20.05.17	Выполнено	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

(подпись) (И.О. Фамилия)

(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит пояснительную записку, состоящую из: 97 страниц, 14 рисунков.

В данном дипломном проекте был разработан технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей фрезерного станка MECOF, была проведена модернизация продольно-фрезерного станка CS200 системы MECOF с числовым программным управлением с целью повышения производительности.

Продольно-фрезерный станок CS200 системы MECOF с числовым программным управлением принадлежит к тяжелым одностоечным продольно-фрезерным станкам с подвижной стойкой, в которых основные и вспомогательные движения передаются инструменту (фрезе). Это дает возможность обрабатывать крупногабаритные детали за одну установку, что позволяет значительно повысить точность обработки за счет значительного уменьшения погрешности базирования.

Для повышения производительности работы станка в дипломном проекте предлагается повысить скорость перемещения салазок за счет механизма изменения скорости салазок, который позволяет повысить скорость в 3,5 раза.

Были выполнены проектные и проверочные расчеты, расчеты на прочность и жесткость всех разрабатываемых узлов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Описание исходных данных	7
1.1 Назначение и описание конструкции детали	7
1.2 Анализ технологичности конструкции детали	9
1.3 Определение типа производства	10
2 Технологическая часть проекта	12
2.1 Выбор и обоснование метода получения заготовки	12
2.2 Разработка технологического процесса обработки детали	14
2.3 Определение припусков на механическую обработку детали	18
2.4 Выбор технологического станочного оборудования	25
2.5 Нормирование технологических операций	26
3 Совершенствование операций с помощью научных исследований	29
4 Проектирование приспособления	38
5 Проектирование режущего инструмента	50
6 Проектирование средств контроля	59
7 Проектирование средств автоматизации	62
8 Безопасность и экологичность проекта	70
9 Экономическая эффективность проекта	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	83
ПРИЛОЖЕНИЕ А	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	95

ВВЕДЕНИЕ

В условиях высоких темпов научно-технического и социально-экономического прогресса развития производства, его эффективность зависит не только от умения коллективов предприятия мобилизовать свои внутренние резервы. Наибольшее влияние на его развитие оказывает то, как на предприятиях внедряются последние достижения науки и техники, прогрессивные формы организации и управления, передовые методы труда. Иными словами, научная организация производства сегодня – наиболее надёжный инструмент подъёма экономики, быстрого роста производительности труда и повышения эффективности общественного производства.

В условиях рыночной экономики перед отечественным машиностроением стоят задачи увеличения выпуска продукции, повышение производительности труда, повышение технологического уровня и качества, снижение себестоимости продукции. Добиться решения поставленных задач можно только на базе ускорения научно-технического прогресса.

Основу технологической подготовки производства составляет разработка рационального технологического процесса, который позволяет выпускать изделия заданного количества, заданного качества в установленные сроки с наименьшими затратами.

1 Описание исходных данных

1.1 Назначение и описание конструкции детали

Представленная на дипломное проектирование деталь является сборочной единицей коробки скоростей фрезерного станка.

Шестерня предназначена для передачи крутящего момента с 1-го вала на 2-ой вал коробки скоростей.

Шестерня является деталью типа зубчатое колесо с внешним диаметром 147 мм и ширине ступицы 85 мм и центральным отверстием $\varnothing 100$ мм. Зубчатый венец имеет модуль $m = 3.5$ при числе зубьев $Z = 40$. В центральном отверстии шестерни выполнено две проточки с двух сторон 3, 16.

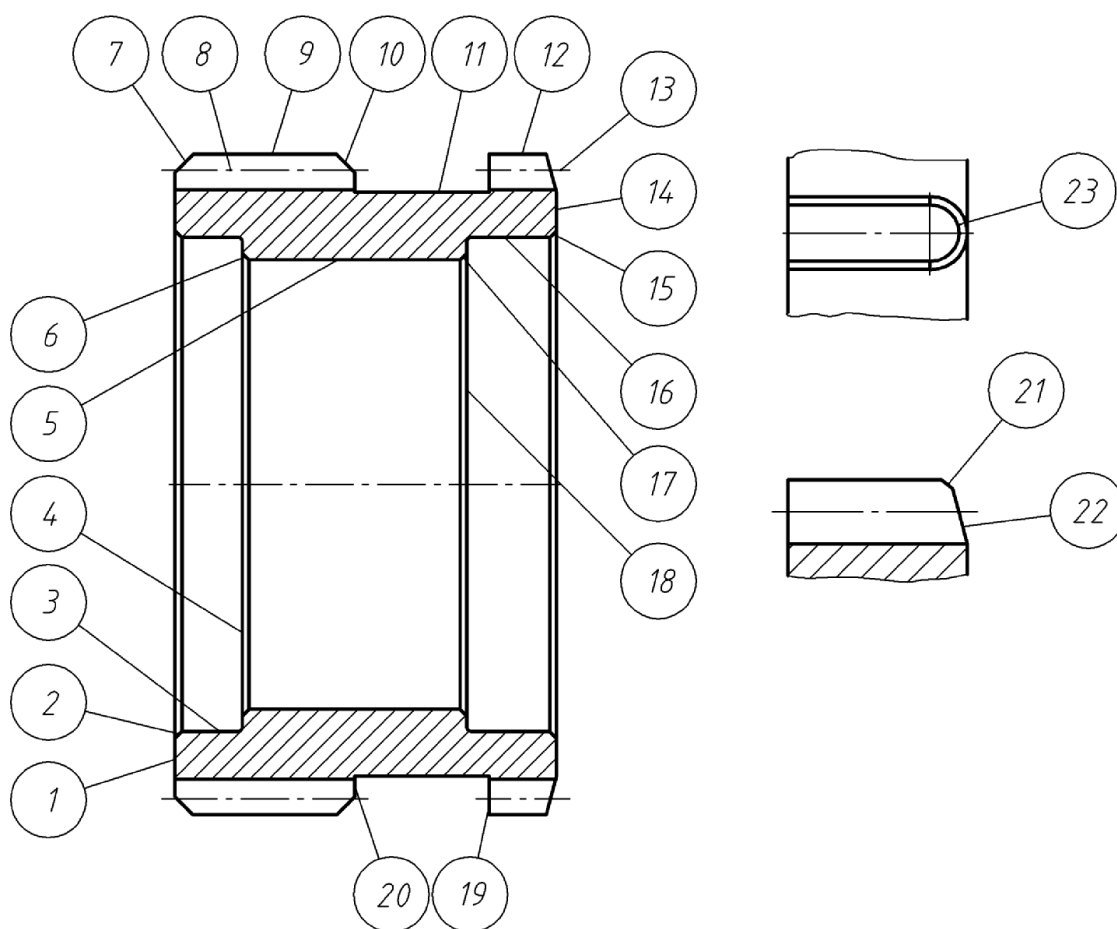


Рисунок 1.1 – Шестерня, эскиз обрабатываемых поверхностей

Данные проточки необходимы для базирования в них подшипников качения, по которым деталь базируется в сборочном узле. Зубья правого зубчатого венца имеют закругление, необходимое для плавного входа в контакт с муфтой переключения передач коробки скоростей.

Проточки в центральном отверстии 3, 16 являются наиболее точными поверхностями детали, обрабатываются по качеству IT7 с параметром шероховатости по $Ra = 1,25$ мкм.

Также к точным и ответственным поверхностям детали относятся торцы 4, 17, обрабатываются по качеству IT 11 с параметром шероховатости $Ra = 1,25$ мкм. Также к точным поверхностям следует отнести боковые поверхности зубов левого зубчатого венца, обрабатываемых по 7 степени точности и с параметром шероховатости $Ra = 1,25$ мкм, правого зубчатого венца по 8 ступени точности с параметром шероховатости по $Ra = 3,2$. К дополнительным поверхностям детали относятся торцевые поверхности 1, 14, а также цилиндрические участки зубчатого венца 9, 12.

К второстепенным поверхностям относятся галтели и фаски.

К основной конструкторской базе относятся поверхности 3, 16, изображенные на рисунке 1.1

К основным технологическим базам относится поверхность 5 центрального отверстия, а также торцевые поверхности 1 и 14. Также на операции обрабатывающей обработки как технологическая база используются боковые поверхности зубьев пов.8.

К основным измерительным базам относятся поверхности 3, 16.

1.1.1 Анализ выбора материала детали

В связи с тяжелыми условиями работы детали изготавливают из качественной конструкционной легированной стали 40Х ГОСТ 4543-81.

Температураковки: в начале процесса 1250, в конце 860-800.

Обрабатываемость резанием : после закалки и отпуска при HB <241,
 $K_{\text{ТВ.СПЛ.}} = 0,75$, $K_{\text{б.ст.}} = 0,65$.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Коэффициент унификации конструктивных элементов определим по формуле (1.1):

$$k_{yэ} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э} \quad (1.1)$$

Конструктивные элементы детали приведены в таблице 1.3

Таблица 1.3- Конструктивные элементы детали

	Наименование изделия	$Q_{yэ}$ - количество унифицированных элементов					
		$Q_э$ - общее количество элементов в детали					
		фаски	галтели	зубья	шлицы	пазы	всего
1	Шестерня	7	2	2	0	0	11
		7	2	2	0	0	11

$$k_{yэ} = \frac{11}{11} = 1$$

Коэффициент применяемости стандартных обрабатываемых поверхностей определим по формуле (1.2):

$$K_{n.ст} = \frac{D_{o.с}}{D_{м.о}} \quad (1.2)$$

$$K_{n.ст} = \frac{23}{23} = 1$$

Коэффициент обрабатываемой поверхности определим по формуле (1.3):

$$K_{n.об} = 1 - \frac{D_{м.о}}{D_э} \quad (1.3)$$

$$K_{н.об} = 1 - \frac{23}{23} = 0$$

Коэффициент использования материала определим по формуле (1.4):

$$K_{ум} = \frac{g}{Q} \quad (1.4)$$

где $g = 1,96$ кг - масса детали, $Q = 3,9$ кг - масса заготовки.

$$K_{ум} = \frac{1.96}{3.9} = 0.50$$

Вывод: деталь технологична.

1.3 Определение типа производства

На начальных этапах проектирования тип производства можно ориентировочно определить в зависимости от программы выпуска и массы изделий, изготавливаемых основываясь по свидетельству таблицы [4].

Программа выпуска деталей в год: $N_r = 100000$

Масса детали шестерня - 1,96 кг

Тип производства - крупносерийный.

Далее, исходя из данных полученных в пункте, проводим уточненный расчет типа производства. По ГОСТ 3.1119.83 тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций ($K_{зо}$): $K_{зо} = 1$ - массовое; $1 < K_{зо} < 10$ - крупносерийное;

$10 < K_{зо} < 20$ - среднесерийное; $20 < K_{зо} < 40$ - мелкосерийное.

1. Определим коэффициент закрепления операций по формуле (1.5):

$$K_{зо} = \frac{\tau}{T_{ум}} \quad (1.5)$$

где τ - такт выпуска мин

$T_{ум}$ - среднее штучное время, мин;

Период времени между выпуском отдельных деталей или изделий называют тактом. Он рассчитывается по формуле (1.6):

$$\tau = \frac{T_d}{N_z} \quad (1.6)$$

где T_d - действительный фонд времени работы поточной линии в год, в часах;

N_z - годовая программа выпуска деталей, 100000 шт.

$$\tau = \frac{60 \cdot 3590.4}{100000} = 6.03$$

Среднее штучное время определим по формуле (2.6):

$$T_{um} = \frac{\Sigma T_{um}}{n} \quad (1.7)$$

где n - число операций - 10

$\Sigma T_{шт} = 69,80$ мин.

$$T_{um} = \frac{69,80}{10} = 6,98 \text{ мин}$$

$$K_{3.0} = \frac{6,03}{6.98} = 0,86$$

$K_{30} = 0,86$, отсюда следует, что тип производства - крупносерийный

2 Технологическая часть проекта

2.1 Выбор и обоснование метода получения заготовки

В крупносерийном производстве получить заготовку таким методом возможно для данной детали двумя конкурирующими способами.

1. Штамповка на кривошипно-горячештамповочных прессах (КГШП).
2. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ).

Стоимость заготовки получаемой штамповкой на ГКМ можно определить по формуле (2.1):

$$S_{\text{заг}} = (C_i / 1000 \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_\beta \cdot K_M \cdot K_{\Pi}) - (Q - g) \cdot S_{\text{отх}} / 1000 \quad (2.1)$$

Таблица 2.1- Выбор метода получения заготовки

N	Показатели	Штамповка на КГШП	Штамповка на ГКМ
1	Вид заготовки	Поковка	Поковка
2	Класс точности	T1	T1
3	Группа сложности	1	1
4	Масса заготовки, кг	3,9	4,3
5	Стоимость 1т заготовок, руб.	3800	3600
6	Стоимость 1т отходов, руб.	280	280

Q - масса заготовки, рассчитывается по формуле (2.2):

$$Q = K_p \cdot g \quad (2.2)$$

где K_p - коэффициент - 2,0- 2,2 [3].

Масса заготовки получаемой на КГШП

$$Q = 2 \cdot 1.96 = 3.92 \text{ кг}$$

Масса заготовки получаемой на ГКМ

$$Q = 2.2 \cdot 1.96 = 4.3 \text{ кг}$$

$S_{\text{отх}}$ - цена 1 тонны отходов = 290,0 руб.

Стоимость заготовки на КГШП, руб.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{3800}{1000} \cdot 3.9 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 1 \cdot 1.13 \cdot 1 \right) - (3.90 - 1.96) \cdot \frac{280}{1000} = 14.03 \text{ руб}$$

Стоимость заготовки на ГКМ, руб.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{3600}{1000} \cdot 4.3 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 1 \cdot 1.13 \cdot 1 \right) - (4.90 - 1.96) \cdot \frac{280}{1000} = 14.56 \text{ руб}$$

Экономический эффект для составления способов получения заготовок, при которых технологический процесс механической обработки не меняется, можно определить по формуле (2.3):

$$\mathcal{E}_z = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N_{\text{зод}} \quad (2.3)$$

где $N_{\text{зод}} = 100000$ - программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_z = (14.56 - 14.03) \cdot 100000 = 53000 \text{ руб}$$

Поскольку стоимость заготовки, получаемой на КГШП меньше, то как конечный вариант получения заготовки шестерни принимаем штамповки КГШП.

Допуски и припуски на поковки, изготавливаемые на КГШП, регламентируются ГОСТ 7505-89

Параметры заготовки:

Класс точности - Т3.

Группа стали - М2.

Степень сложности - С2.

Конфигурация поверхности разъема штампа П.

Исходный индекс 12.

На рисунке 2.1 представлен эскиз заготовки.

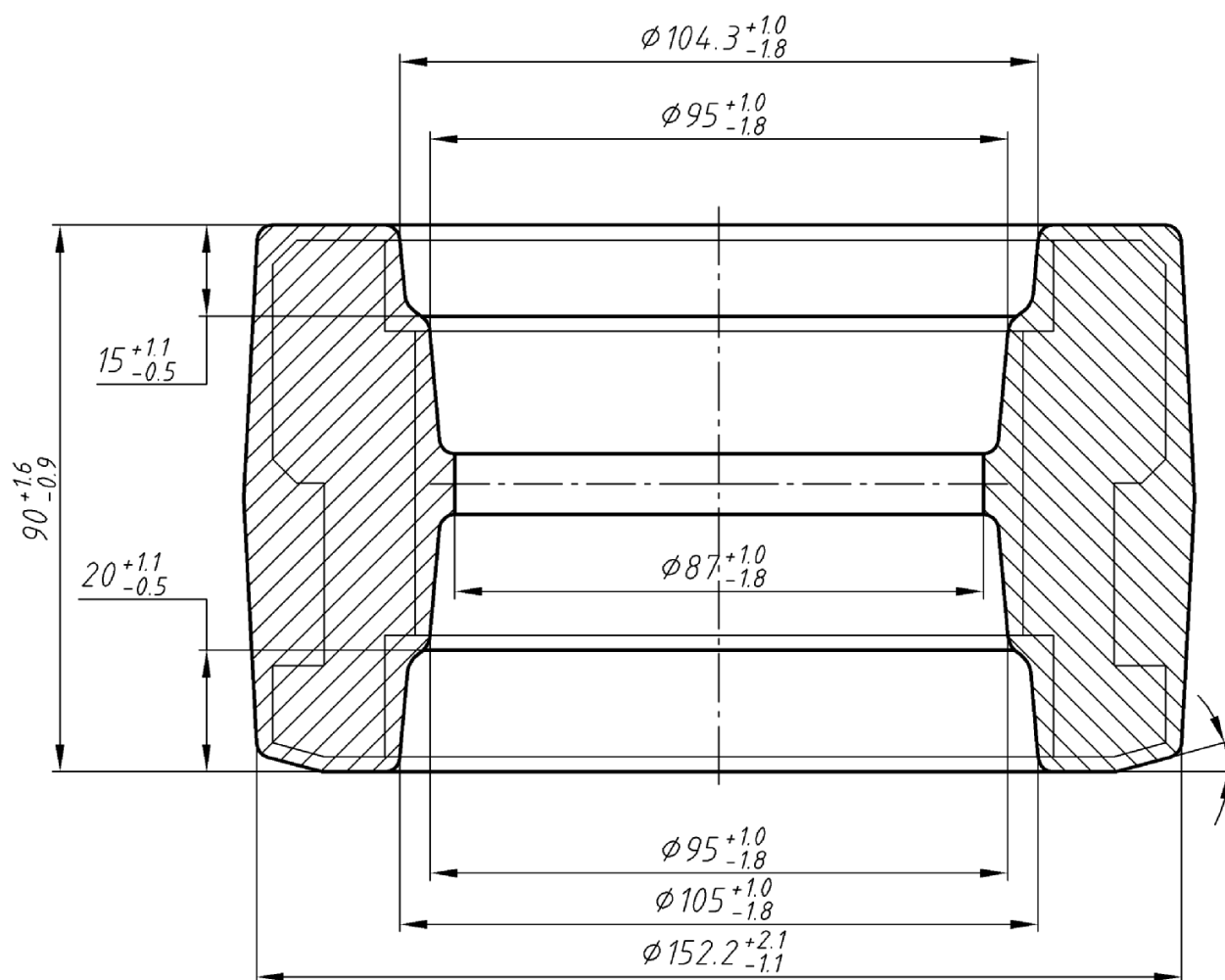


Рисунок 2.1 - Заготовка детали шестерни

2.2 Разработка технологического процесса обработки детали

В таблице 2.2 указываем маршрут обработки поверхностей деталей

Таблица 2.2 - Выбор методов обработки поверхности детали

Номер поверхности	Вид поверхности	Переход	Требуемые показатели		Маршрут обработки поверхности
			Квалитет точности	Шероховатость Ra, мкм	
1, 14	Плоская	1	14	12,5	Точение черновое

Продолжение таблицы 2.2

		2	12	6,3	Точение чистовое
2, 6, 15, 17, 10, 7, 21	Фаска	1	14	12,5	Точение черновое
3, 16	Цилиндр ическая	1	14	12,5	Точение черновое
		2	12	6,3	Точение чистовое
		3	9	3,2	Алмазное растачивание
		4	7	1,25	Шлифование
4, 18	Плоская	1	14	12,5	Точение черновое
		2	12	6,3	Точение чистовое
		3	11	3,2	Алмазное растачивание
5	Цилиндр ическая	1	14	12,5	Точение черновое
		2	12	6,3	Точение чистовое
8	Фасонная	1	9	6,3	Зубофрезерование черновое
		2	8	3,2	Зубофрезерование чистовое
		3	7	1,25	Зубошевингование
9, 12	Цилиндр ическая	1	14	12,5	Точение черновое
		2	12	6,3	Точение чистовое

Продолжение таблицы 2.2

11	Цилиндрическая	1	14	12,5	Точение черновое
13	Фасонная	1	9	3,2	Зубофрезерование
19, 20	Плоская	1	14	12,5	Точение черновое
22	Коническая	1	14	12,5	Точение черновое
		2	12	6,3	Точение чистовое
23	Радиус	1	14	6,3	Фрезерование

2.2.1 Разработка маршрута механической обработки

При выборе маршрутного технологического процесса механической обработки детали стремимся принять такой вариант технологического процесса, который бы подходил установленному типу производства. При этом за основу принимаем типовой технологический процесс обработки детали данного класса.

Пользуясь основными положениями технологии машиностроения, предусматриваем в первую очередь операции обработки базовых поверхностей, затем намечаем ряд черновых, чистовых и отделочных операций. При этом убеждаемся в правильности выбора технологических баз, в правильном чередовании технологических операций.

Таблица 2.3 - Технологический процесс механической обработки детали “Шестерня”

№	Наименование операции	Описание операции	Оборудование
005	Токарная	Установить заготовку	Токарный вертикальный 6-ти шпиндельный полуавтомат 1Б284
		Подрезать торец шестерни 14 начерно	
		Расточить центральное отверстие 5, проточку 16 начерно	
		Подрезать торцы шестерни 14 и 18 начисто	
		Расточить центральное отверстие 5 остаточнo, расточить проточку 16 . Расточить фаски в 15, 17	
		Точить конический участок 22, точить фаску 21	
010	Токарная	Установить заготовку	Токарный вертикальный 6-ти шпиндельный полуавтомат 1Б284
		Точить наружную поверхность зубчатого венца 9, 12 предварительно. Расточить проточку 3 предварительно.	
		Подрезать торцы 1 и 4 предварительно. Точить канавку 19, 20	
		Точить канавку 19, 20	
		Точить поверхность 9, 12 под зубчатый венец 9, 12. Расточить проточку 3. Расточить фаски 2, 6.	
		Подрезать торец шестерни 1 и 4 начисто, точить фаски 7, 10.	
015	Алмазно-расточная	Расточить проточку 16 под шлифование подрезать торец 18	Алмазно-расточной 2706П

Продолжение таблицы 2.3

020	Алмазно-расточная	Расточить проточку 3 под шлифование подрезать торец 4	Алмазно-расточной 2706П
025	Зубофрезерование	Фрезеровать зубцы 13	Зубофрезеро- вальный станок 53А30
030	Зубофрезерование	Фрезеровать зубцы 8	Зубофрезеро- вальный 53А30
035	Зубозакругление	Закруглить зубцы шестерни 23	Зубофрезер- ный 5Н582
040	Зубошевингование	Шевинговать зубцы 8	Зубошевинго- вальный станок 5702В
045	Термообработка		
050	Внутришлифовальная	Шлифовать отверстие 16 начисто	Внутришлиф- овальный станок 3К227
055	Внутришлифовальная	Шлифовать отверстие 3 начисто	Внутришлиф- овальный станок 3К227
060	Контрольная		

2.3 Определение припусков на механическую обработку детали

Назначение оптимальных припусков на обработку заготовки имеет большое значение при проектировании тех. процесса. Увеличенные припуски увеличивают трудоемкость механической обработки, отходы металла, затраты режущего инструмента, электроэнергии и др. Уменьшенные припуски

увеличивают трудоемкость и себестоимость получения заготовки в заготовительных цехах.

Проведем расчет припусков аналитическим методом на механическую обработку поверхности $\varnothing 110^{+0,035}$ мм (таблица 2.4). Согласно принятому технологическому процессу обработки детали данный размер обрабатывается по следующим этапам.

- расточка черновая,
- Расточка чистовая,
- алмазное растачивание,
- Шлифование

Таблица 2.4 - Расчет элементов припуска поверхности $\varnothing 110^{+0,035}$ мм.

Технологический переход обработки	Элементы припуска				2z min, мкм	Расчетный диаметр	Допуск, Td, мкм	Границы размеров		Граничные припуски	
	Rz	T	ρ	E				dmin	dmax	2Zmax	2Zmin
Заготовка	150	250	156 5	-		105.279	2800	102.5	105.30		
Точение черновое	50	50	94	503	4088	109.367	870	108.50	109.37	6.00	4.07
Точение чистовое	30	30	4	30. 2	397	109.765	350	109.41	109.76	0.91	0.39
Алмазное растачивание	10	20	0	45	210	109.975	87	109.88	109.97	0.47	0.21
Шлифование	5	15	0	0	60	110.035	35	110.000	110.035	0.12	0.06

Суммарное пространственное отклонение заготовки рассчитываем по формуле (2.4):

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{экс}^2} \quad (2.4)$$

где $\rho_{см}=0,7$ мм - погрешность по смещению штампа [3]

$\rho_{экс}=1,4$ мм – погрешность по эксцентриситету для поковки массой от 1.6 до 4.0 кг [3]

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,7^2 + 1,4^2} = 1,565 \text{ мм} = 1565 \text{ мкм}$$

Определяем остаточную величину пространственного отклонения по формуле (2.5):

$$\rho_1 = k_y \times \rho_{заг} , \quad (2.5)$$

где k_y - коэффициент уточнения формы [3]

После растачивания чернового:

$$\rho_1 = 0,06 \times 1565 = 94 \text{ мкм.}$$

После растачивания чернового:

$$\rho_2 = 0,04 \times 94 = 4,0 \text{ мкм.}$$

После алмазного растачивания:

$$\rho_3 = 0,02 \times 4,0 = 0,08 \text{ мкм}$$

Находим погрешность установки по формуле (2.6):

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} , \quad (2.6)$$

При черновом растачивании:

$\varepsilon_{\delta} = 0$ мкм – поскольку базирования осуществляется в трехкулачковом патроне, который центрируется.

$\varepsilon_3 = 500$ мкм установка по необработанной поверхности $\varnothing$ до 180 мм [3];

$\varepsilon_{np} = 50$ мкм – поскольку установка в одноместном приспособлении, но установленном на многопозиционном станке. [3]

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 500^2 + 50^2} = 503 \text{ мкм}$$

При чистовом растачивании:

$$\varepsilon_y = 503 \cdot 0,06 = 30,2 \text{ мкм}$$

При алмазном растачивании:

$$\varepsilon_y = 45 \text{ мкм}$$

При шлифовании:

$$\varepsilon_y = 0 \text{ мкм}$$

Определим минимальные припуски на обработку $2Z_{\min}$.

Воспользуемся формулой (2.7) для обработки цилиндрических поверхностей заготовки.

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.7)$$

При черновом растачивании:

$$2Z_{\min} = 2(150 + 250 + \sqrt{1565^2 + 503^2}) = 4088 \text{ мкм}$$

При чистовом растачивании

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{94^2 + 30^2}) = 397 \text{ мкм}$$

При алмазном растачивании

$$2Z_{\min} = 2(30 + 30 + \sqrt{4^2 + 45^2}) = 210 \text{ мкм}$$

При шлифовании

$$2Z_{\min} = 2(10 + 20) = 60 \text{ мкм}$$

Определяем расчетный диаметр по формуле (2.8):

$$d_p = d_{p+1} - 2Z_{\min} \quad (2.8)$$

Заполняем графу "Расчетный размер" начиная с конечного, чертежного размера последовательным вычитанием расчетного припуска выполняемого перехода:

$$d_{p4} = 110,035$$

$$d_{p3} = 110,035 - 0,060 = 109,975 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = 109.975 - 0.21 = 109.765 \text{ мм}$$

$$d_{p1} = 109.765 - 0.397 = 109.367 \text{ мм}$$

$$d_{p0} = 109.367 - 4.088 = 105.28 \text{ мм}$$

В графе "Предельный размер" наибольшего значения ($D_{\max}$) получаем по расчетным размерам, закругленных к точности допуска соответствующего перехода, а маленькие ($D_{\min}$) - путем вычитания допусков соответствующих переходов.

Заносим в таблицу значение межоперационных допусков по соображениям экономической точности обработки [12] Допуск на заготовку по ГОСТ 7505-89

$$Td_1 = 35 \text{ мкм};$$

$$Td_2 = 87 \text{ мкм};$$

$$Td_3 = 350 \text{ мкм};$$

$$Td_4 = 870 \text{ мкм};$$

$$Td_{\text{заг}} = 2800 \text{ мкм}$$

Определим наименьшие предельные размеры по формуле (2.9):

$$d_{\min} = d_p - Td \quad (2.9)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 105.3 - 2.8 = 102.5 \text{ мм}$$

$$d_{\min 1} = 109.37 - 0.87 = 108.5 \text{ мм}$$

$$d_{\min 2} = 109.76 - 0.35 = 109.41 \text{ мм}$$

$$d_{\min 3} = 109.97 - 0.087 = 109.88 \text{ мм}$$

$$d_{\min 4} = 110.035 - 0.035 = 110.00 \text{ мм}$$

Определим предельные значения припусков по формулам (2.10) и (2.11):

$$2Z_{\min i}^{IP} = d_{\min i-1} - d_{\min i} \quad (2.10)$$

$$2Z_{\min 1}^{IP} = 109.37 - 105.3 = 4.07 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 2}^{IP} = 109.76 - 109.37 = 0.39 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 3}^{IP} = 109.97 - 109.760 = 0.21 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 4}^{IP} = 110.035 - 109.97 = 0.06 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max i}^{IP} = d_{\max i-1} - d_{\max i} \quad (2.11)$$

$$2Z_{\max 1}^{IP} = 108.5 - 102.5 = 6.00 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 2}^{IP} = 109.41 - 108.5 = 0.91 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 3}^{IP} = 109.88 - 109.41 = 0.47 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 4}^{IP} = 110.00 - 109.88 = 0.12 \text{ мм}$$

Определим $2Z_{\text{общ min}}$ и $2Z_{\text{общ max}}$ по формуле (2.12):

$$2Z_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n 2Z_i \quad (2.12)$$

$$2Z_{\text{общ min}} = 4.07 + 0.39 + 0.21 + 0.12 = 4.79 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{общ max}} = 6.0 + 0.91 + 0.473 + 0.12 = 7.50 \text{ мм}$$

Определим величину номинального припуска с учетом несимметричного расположения поля допуска заготовки по формуле (2.13):

$$Z_{\text{общ.ном}} = Z_{\text{общ min}} + B_z - B_o \quad (2.13)$$

где B_z - верхнее отклонение от допуска заготовки, определим его по формуле (2.14):

$$B_z = I_{\text{из}} + \frac{K_y}{2} \quad (2.14)$$

где $I_{\text{из}}$ – допуск по износу штампу; $I_{\text{из}} = 1,0$ мм [3]. K_y - коэффициент усадки, рассчитывается по формуле (2.15)

$$K_y = 1,0 \times L \quad (2.15)$$

где $1,0$ мкм – колебания усадки, $L = 20$ мм – длина поверхности, которая рассчитывается.

$$K_y = 0,001 \times 20 = 0.02 \text{ мм}$$

$$B_3 = 1 + \frac{0.02}{2} = 1.01 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{общ.ном}} = 4.74 + 1.01 - 0.025 = 5.715 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг.ном}} = 110 - 5.72 = 104.29 \text{ мм}$$

$$\text{Размер заготовки } d_{\text{заг.ном}} = 104.3_{-1.8}^{+1.0} \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг max}} = 104,3 + 1,0 = 105,3 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг min}} = 104,3 - 1,8 = 102,5 \text{ мм}$$

По результатам расчетов строим схему расположения припусков, допусков и межоперационных размеров на обработку поверхности $\varnothing 110^{+0,035}$ (рисунок 2.2).

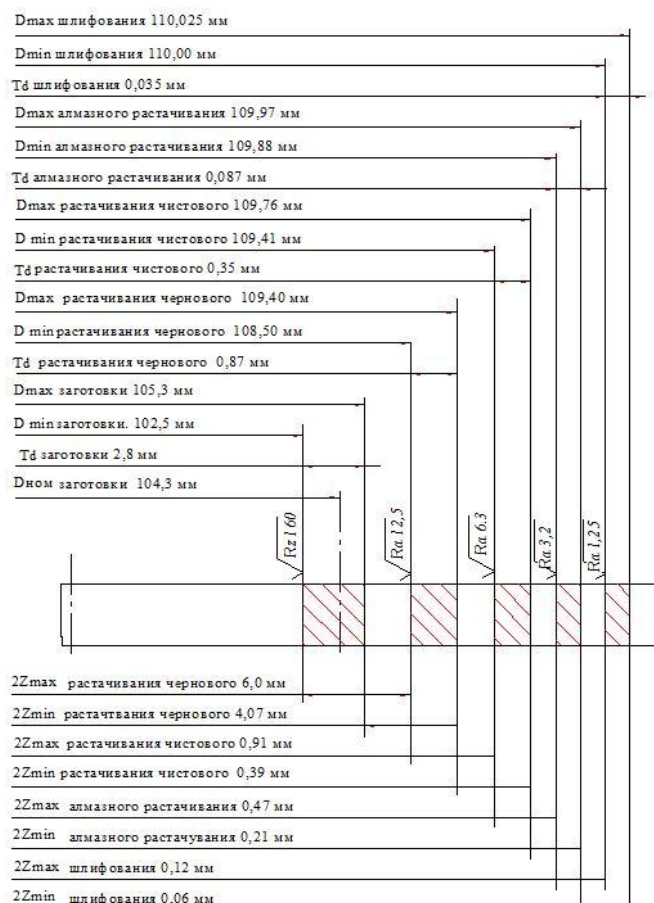


Рисунок 2.2 - Схема разработки припусков и операционных размеров.

2.4 Выбор технологического станочного оборудования

Выбор технологического оборудования для выполнения тех. процесса имеет большое значение и влияет на экономические показатели изготовления детали.

Проведем выбор технологического станочного оборудования по каждой операции технологического процесса обработки детали.

Таблица 2.5 - Краткая характеристика оборудования технологического процесса обработки детали

Наименование и модель оборудования		D _{max} обработки мм	L _{max} обработки мм	Число ступеней вращения	Пределы оборотов	Число подач	Пределы чисел подачи	Мощность двигателя, кВт.
05	Токарный вертикальный 6-ти шпиндельный 1Б284	360	200	22	20-224	-	0.08-5.0	30
10	Токарный вертикальный 6-ти шпиндельный 1Б284	360	200	22	20-224	-	0.08-5.0	30
15	Алмазно-расточной 2706П	8-250	450	4	1000-4000	4	0.025	2,2
20	Алмазно-расточной 2706П	8-250	450	4	1000-4000	4	0.025	2,2
25	Зубофрезерный 53А30	m=6 320	220	-	50-400	-	0.63-7 0.3-2	4.2

Продолжение таблицы 2.5

30	Зубофрезерный 53A30	m=6 320	220	-	50-400	-	0.63- 7 0.3-2	4.2
35	Зубофрезерный 5H582	m=1,5 -6 320	260	6	1400- 4700	-	-	2,5
40	Зубошевингова льный 5702B	m=6 320	100	-	63-500	-	0,02- 0,06 18- 300	3,0
50	Внутришлифова льный 3K227	250 5-150	125	4	9000- 22000	-	-	4,0
55	Внутришлифова льный 3K227	250 5-150	125	4	9000- 22000	-	-	4,0

2.5 Нормирование технологических операций

Проведем нормирование операций технологического процесса обработки деталей. В качестве примера рассчитаем технические нормы времени для операции 05 токарная технологического процесса обработки детали “Шестерня”

Исходные данные:

Станок: Токарный вертикальный 1Б284

Масса детали - 3.9 кг

Основное машинное время - 0,88 мин. Выбираем по лимитирующей позиции №3

Приспособление - Патрон трехкулачковый с гидроприводом.

В условиях серийного производства норма штучное время рассчитывается по формуле (2.16):

$$T_{ум} = (T_O + T_B) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100}\right), \quad (2.16)$$

где $T_O = 0,88$ мин. – основное машинное время; T_B – вспомогательное машинное время, рассчитывается по формуле (2.17)

$$T_B = T_{уст} + T_{уп} + T_{изм} \quad (2.17)$$

$T_{уст} = 0,11$ мин. — время на установку и снятия детали [14]

При установке в самоцентрирующий патрон для деталей массой до 3 кг (перекрывается основным временем)

$T_{уп} = 0,36$ мин. - время, связанное с управлением станком.

Содержание работ.

Включить и выключить узлы станка кнопкой = 0,015 мин. [14]

Ожидания остановки вращения шпинделя = 0,05 мин. [14]

Очистить приспособления от стружки сжатым воздухом = 0,105 мин. [14]

Перемещение суппорта в вертикальном направлении = 0,11 мин. [14]

$T_{инд}$ - время индексации станка = 0,10 мин

$T_{уп} = 0,015 + 0,05 + 0,105 + 0,11 + 0,1 = 0,36$ мин.

$T_{изм}$ - вспомогательное время, связанное с измерением и контролем = 0,10 мин. при контроле штангенциркулем диаметра до 150 мм и длине до 50 мм для точности 0,01 мм. [14]

Поскольку измерения для 6-ти размеров тогда $T_{изм} = 0,1 \times 6 = 0,6$ мин

Так как контроль осуществляется для 30% деталей тогда $T_{изм} = 0,6 \times 0.4 = 0,26$ мин

$T_{опер} = 0,88 + 0,36 = 1,24$ мин.

где T_B - вспомогательное время, не перекрывается

$A_{обс}$ - время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного;

$A_{обс} = 2,5\%$ [14]

$A_{отд}$ - время на отдых и личные надобности в% от оперативного

$$A_{отд} = 7,0\%$$

$$T_{шт} = 1,24 \times \left(1 + \frac{2,5 + 7,0}{100} \right) = 1,35 \text{ мин}$$

На остальные операций технологического процесса обработки деталей нормирования проведем таким же образом. Результат расчетов сведены в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 - Технические нормы времени на механическую обработку детали шестерня

№	Наименование операции	T _о	Вспомогательное время			T _{опер}	T _{об}		T _{отд}	T _{шт}
			T _{уст}	T _{уп}	T _{изм}		T _{тех}	T _{орг}		
005	Токарная	0,88	0,11	0,36	0,264	1,24	-	0,03	0,09	1,35
010	Токарная	2,20	0,1	0,36	0,16	2,56	-	0,06	0,17	2,79
015	Алмазно-расточная	1,08	0,22	0,32	0,059	1,62	-	0,04	0,11	1,77
020	Алмазно-расточная	0,88	0,22	0,32	0,059	1,42	-	0,04	0,09	1,55
025	Зубофрезерование	27,60	0,22	0,22	0,04	28,04	-	0,7	1,82	30,56
030	Зубофрезерование	17,60	0,22	0,22	0,04	18,04	-	0,45	1,17	19,66
035	Зубозакругление	4,40	0,22	0,22	0,18	4,84	-	0,12	0,31	5,28
040	Зубошевингование	3,58	0,22	0,38	0,16	4,18	-	0,1	0,27	4,55
050	Внутришлифовальная	1,68	0,12	0,24	0,132	2,04	0,08	0,03	0,14	2,29
055	Внутришлифовальная	1,68	0,12	0,24	0,132	2,04	0,08	0,03	0,14	2,29

3 Совершенствование операций с помощью научных исследований

Задача раздела – на базе научных исследований усовершенствовать лимитирующие операции шлифования.

Известный подход к оптимизации режимов резания, в том числе и при шлифовании на базе математической модели в виде системы неравенств и целевой функции [27] можно применить и для оптимизации характеристики шлифовального круга. Для этого нужно найти численное выражение элементов характеристики круга. Сделать это возможно для таких элементов характеристики, как: зернистость абразива в виде номера зернистости Z ; твердость круга в виде глубины лунки H при пескоструйном определении твердости; структуры круга в виде номера структуры S .

Зависимость технологических показателей от элементов характеристики круга можно выразить уравнением типа

$$A = C_A \times K_A \times Z^{X_A} \times H^{Y_A} \times S^{Z_A} \quad (3.1)$$

где A –показатель шлифования (сила резания, температура, шероховатость, износ круга, удельная производительность);

C_A - постоянный коэффициент;

K_A - коэффициент, учитывающий отличие условий шлифования от базовых;

Z - номер зернистости круга;

H - глубина лунки в мм;

S - № структуры круга;

X_A, Y_A, Z_A - показатели степени, учитывающие степень влияния на показатель A соответственно зернистости, твердости и структуры.

Математическая запись технических ограничений будет иметь вид:

а) Ограничение по точности (прогибу детали):

$$f \leq a \times Td \quad (3.2)$$

где f - прогиб детали, мм;

Td - допуск на диаметр детали при шлифовании, мм;

a - часть допуска на диаметр, приходящийся на прогиб.

б) Ограничение по шероховатости:

$$Ra \leq Ra_o \quad (3.3)$$

где Ra - шероховатость шлифованной поверхности, мкм;

Ra_o - заданная шероховатость поверхности, мкм.

в) Ограничение по температуре:

$$T \leq T_o \quad (3.4)$$

где T - температура шлифования, град. С;

T_o - допустимая температура (температура без прижогового шлифования), град. С.

г) Ограничение по мощности главного движения:

$$N \leq \eta \times N_o \quad (3.5)$$

где N - мощность шлифования, кВт;

N_o - мощность привода главного движения, кВт;

η - КПД привода главного движения.

д) Ограничение по мощности привода детали:

$$N_1 \leq \eta_1 \times N_{o1} \quad (3.6)$$

где N_1 - мощность шлифования, кВт;

N_{o1} - мощность привода детали, кВт;

η - КПД привода детали.

д) Ограничение по предельным значениям элементам характеристики круга:

$$Z_{\min} \leq Z \leq Z_{\max} \quad (3.7)$$

$$H_{\min} \leq H \leq H_{\max} \quad (3.8)$$

$$S_{\min} \leq S \leq S_{\max} \quad (3.9)$$

где $Z_{\min}, Z_{\max}, H_{\min}, H_{\max}, S_{\min}, S_{\max}$ - предельные значения зернистости, твердости и структуры.

В качестве целевой функции модели примем удельную производительность:

$$q = \frac{Q}{Y} \quad (3.10)$$

где Q - количество сошлифованного материала, мм³;

Y - объем изношенного за то же время круга, мм³

$$q \rightarrow \max \quad (3.11)$$

Объединяя выражения (3.1) ... (3.9) и (3.11) получим модель оптимальной характеристики шлифовального круга в общем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} f \leq a \times Td \\ Ra \leq Ra_o \\ T \leq T_o \\ N \leq \eta \times N_o \\ N_1 \leq \eta_1 \times N_1 \\ Z \geq Z_{\min} \\ Z \leq Z_{\max} \\ H \geq H_{\min} \\ H \leq H_{\max} \\ S \geq S_{\min} \\ S \leq S_{\max} \end{array} \right. \quad (3.12)$$

$$q \rightarrow \max$$

Для конкретизации модели (3.12) необходимы ограничивающие факторы в выражениях (3.2)...(3.9) и (3.11) выразить через элементы характеристики круга.

а) Ограничение по точности:

Максимальный прогиб f мм определяется по формуле:

$$f = \frac{Py \times l^3}{48E \times J} \quad (3.13)$$

где Py - предельная составляющая сила резания, кг;

l - длина детали, мм;

E - модуль упругости материала детали, кг/мм².

J - момент инерции сечения детали, мм⁴.

Сила резания составляет:

$$Py = Cy \times Ry \times Z^{xy} \times H^{yy} \times S^{zy} \quad (3.14)$$

Модуль упругости для стали $E=2 \times 10^4$ кг/мм².

Момент инерции круглого сечения $J=0,05d^4$ мм⁴

где d – диаметр вала, мм

Подставляя (3.14) в (3.13) и перенося правую часть искомые Z , H и S , получим:

$$Z^{Xy} \times H^{Yy} \times S^{Zy} \leq \frac{1000 \times a \times Td \times d^4}{C_y \times K_y \times l^3} \quad (3.15)$$

б) Ограничение по шероховатости:

$$Ra \leq C_R \times K_R \times Z^{X_R} \times H^{Y_R} \times S^{Z_R} \quad (3.16)$$

Подставляя (7.16) в (7.3), получим:

$$Z^{X_R} \times H^{Y_R} \times S^{Z_R} \leq \frac{Ra_o}{C_R \times K_R} \quad (3.17)$$

в) Ограничение по температуре:

$$T = C_T \times K_T \times Z^{X_T} \times H^{Y_T} \times S^{Z_T} \quad (3.18)$$

Подставляя (7.18) в (7.4), получим:

$$Z^{X_T} \times H^{Y_T} \times S^{Z_T} \leq \frac{T_0}{C_T \times K_T} \quad (3.19)$$

г) Ограничение по мощности для главного движения.

Мощность резания N , кВт, составляет

$$N = \frac{P_z \times V}{102} \quad (3.20)$$

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания, кг;

V – скорость шлифования, м/с.

Сила резания:

$$P_Z = C_Z \times K_Z \times Z^{X_Z} \times H^{Y_Z} \times S^{Z_Z} \quad (3.21)$$

Решая совместно (7.5), (7.20), (7.21), получим:

$$Z^{X_Z} \times H^{Y_Z} \times S^{Z_Z} \leq \frac{102 \times \eta \times N_0}{C_Z \times K_Z \times V} \quad (3.22)$$

д) Определение по мощности привода детали.

Мощность, необходимая для вращения детали:

$$N = \frac{P_Z \times V_1}{102 \times 60} \quad (3.23)$$

где V_1 – скорость детали, м/мин.

Решая совместно (3.6), (3.21), (3.23), получим

$$Z^{X_Z} \times H^{Y_Z} \times S^{Z_Z} \leq \frac{6120 \times \eta_1 \times N_{01}}{C_Z \times K_Z \times V_1} \quad (3.24)$$

Целевая функция:

$$q = C_q \times K_q \times Z^{X_q} \times H^{Y_q} \times S^{Z_q} \quad (3.25)$$

Решая (3.25) совместно с (3.11), будем иметь:

$$Z^{X_q} \times H^{Y_q} \times S^{Z_q} \rightarrow \max \quad (3.26)$$

Математическую модель оптимальной характеристики круга можем теперь записать в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l}
Z^{X_y} \times H^{Y_y} \times S^{Z_y} \leq \frac{1000 \times a \times Td \times d^4}{C_y \times K_y \times l^3} \\
Z^{X_R} \times H^{Y_R} \times S^{Z_R} \leq \frac{Ra_o}{C_R \times K_R} \\
Z^{X_T} \times H^{Y_T} \times S^{Z_T} \leq \frac{T_0}{C_T \times K_T} \\
Z^{X_z} \times H^{Y_z} \times S^{Z_z} \leq \frac{102 \times \eta \times N_0}{C_z \times K_z \times V} \\
Z^{X_z} \times H^{Y_z} \times S^{Z_z} \leq \frac{6120 \times \eta_1 \times N_{01}}{C_z \times K_z \times V_1} \\
\\
Z \geq Z_{\min} \\
Z \leq Z_{\max} \\
H \geq H_{\min} \\
H \leq H_{\max} \\
S \geq S_{\min} \\
S \leq S_{\max}
\end{array} \right. \quad (3.27)$$

$$Z^{X_q} \times H^{Y_q} \times S^{Z_q} \rightarrow \max$$

Система (3.27) представляет собой математическую модель оптимальной характеристики шлифовального круга, обеспечивающей максимальную удельную производительность при выполнении всех технических ограничений.

Значения коэффициентов и показателей степени в выражениях модели (3.27) определяют экспериментально. Для решения конкретной задачи оптимизации характеристик шлифовальных кругов для операций 150, 160, 170 воспользуемся данными исследований [28,29].

$$\begin{array}{lllll}
C_y=50; & K_y=1; & X_y=-0,22; & Y_y=-0,37; & Z_y=-0,23 \\
C_z=34; & K_z=1; & X_z=-0,25; & Y_z=-0,5; & Z_z=-0,32 \\
C_R=0,14; & K_R=1; & X_R=0,7; & Y_R=0,29; & Z_R=0,27
\end{array}$$

$$\begin{aligned} CT=2900; \quad KT=1; \quad XT= -0,13; \quad YT= -0,34; \quad ZT= -0,22 \\ Cq=0,048; \quad Kq=1; \quad Xq= -0,3; \quad Yq= -1,7; \quad Zq= 0,4. \end{aligned}$$

С учетом этих результатов модель оптимальной характеристики круга для операций 50 будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z^{-0,22} \times H^{-0,37} \times S^{-0,23} \leq \frac{1000 \times 0,5 \times 0,046 \times 60^4}{50 \times 310^3} \\ Z^{0,7} \times H^{0,29} \times S^{0,27} \leq \frac{1,6}{0,14} \\ Z^{-0,13} \times H^{-0,34} \times S^{-0,22} \leq \frac{650}{2900} \\ Z^{-0,25} \times H^{-0,5} \times S^{-0,32} \leq \frac{102 \times 0,9 \times 7,5}{34 \times 35} \\ Z^{-0,25} \times H^{-0,5} \times S^{-0,32} \leq \frac{6120 \times 0,85 \times 1,5}{35} \\ \\ Z \geq 8 \\ Z \leq 40 \\ H \geq 3 \\ H \leq 8 \\ S \geq 6 \\ S \leq 12 \end{array} \right. \quad (3.28)$$

(твёрдость CT1)

(твёрдость M2)

$$Z^{-0,3} \times H^{-0,17} \times S^{-0,4} \rightarrow \max$$

Математическая модель для операции 55 будет аналогичной, за исключением 2 – го неравенства, которое будет иметь вид:

$$Z^{0,7} \times H^{0,29} \times S^{0,27} \leq \frac{0,8}{0,14} \quad (3.29)$$

Решая модель (3.29) на ПК, получим оптимальные характеристики шлифовального круга:

Для операций 50: $Z=25$; $H=5$ (СМ2); $S=9$.

Для операции 55: $Z=12$; $H=5$ (СМ2); $S=6$.

4 Проектирование приспособления

Задача раздела – спроектировать специальные приспособления для тех операций, где применение стандартных приспособлений не обеспечивает требуемую эффективность.

4.1 Описание приспособления

Специальное установочное зажимное приспособление для фрезерования зубьев применяется на операции «25 Зубофрезерование» технологического процесса обработки шестерни (рисунок 4.1). Приспособление устанавливается на стол зубофрезерного станка модели 53А30.

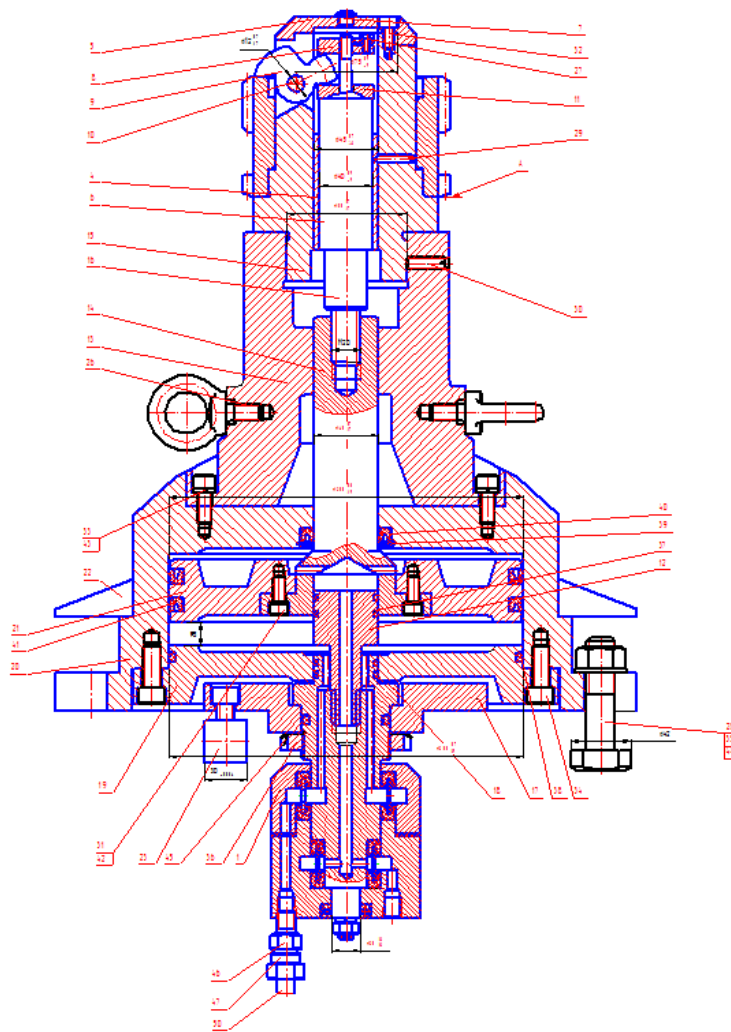


Рисунок 4.1 - Приспособление для фрезерования зубьев

Приспособление состоит из общего литого корпуса позиция 22, в центральной части которого имеется полость для размещения пневмоцилиндра, в резьбовую часть штока позиция 16 пневмоцилиндра ввернута тяга позиция 16. В верхней части корпуса имеются опорные пластины, на которые нижним торцом зубчатого венца устанавливается деталь. В радиальном направлении деталь базируется на оправке позиция 1 по начисто обработанным отверстиям. В центре располагается цилиндр зажима, который с помощью штока осуществляет зажим детали двумя двухплечевыми рычагами позиция 12.

В нижней части корпуса расположен узел подвода воздуха позиция 2, который регулирует подачу воздуха в полости пневмоцилиндра.

Принцип работы приспособления заключается в следующем. На оправку устанавливается обрабатываемая деталь. Далее происходит подача сжатого воздуха в безштоковую полость пневмоцилиндра, после чего шток перемещаясь вверх и зажимает деталь двумя двухплечевыми рычагами. Проводится операция фрезерования зубьев, по окончании которой фреза возвращается в исходное положение. После чего безштоковая полость через узел подвода воздуха соединяется с атмосферой, в штоковую полость подается сжатый воздух, который перемещает поршень вниз, освобождая деталь от усилия зажима. Далее обработанная деталь снимается с оправки приспособления, а необработанная устанавливается, после чего процесс обработки повторяется.

Схема базирования детали показана на рисунке 4.2. Анализируя данную схему базирования определяем, что данная схема позволяет лишить деталь 5-ти степеней свободы.

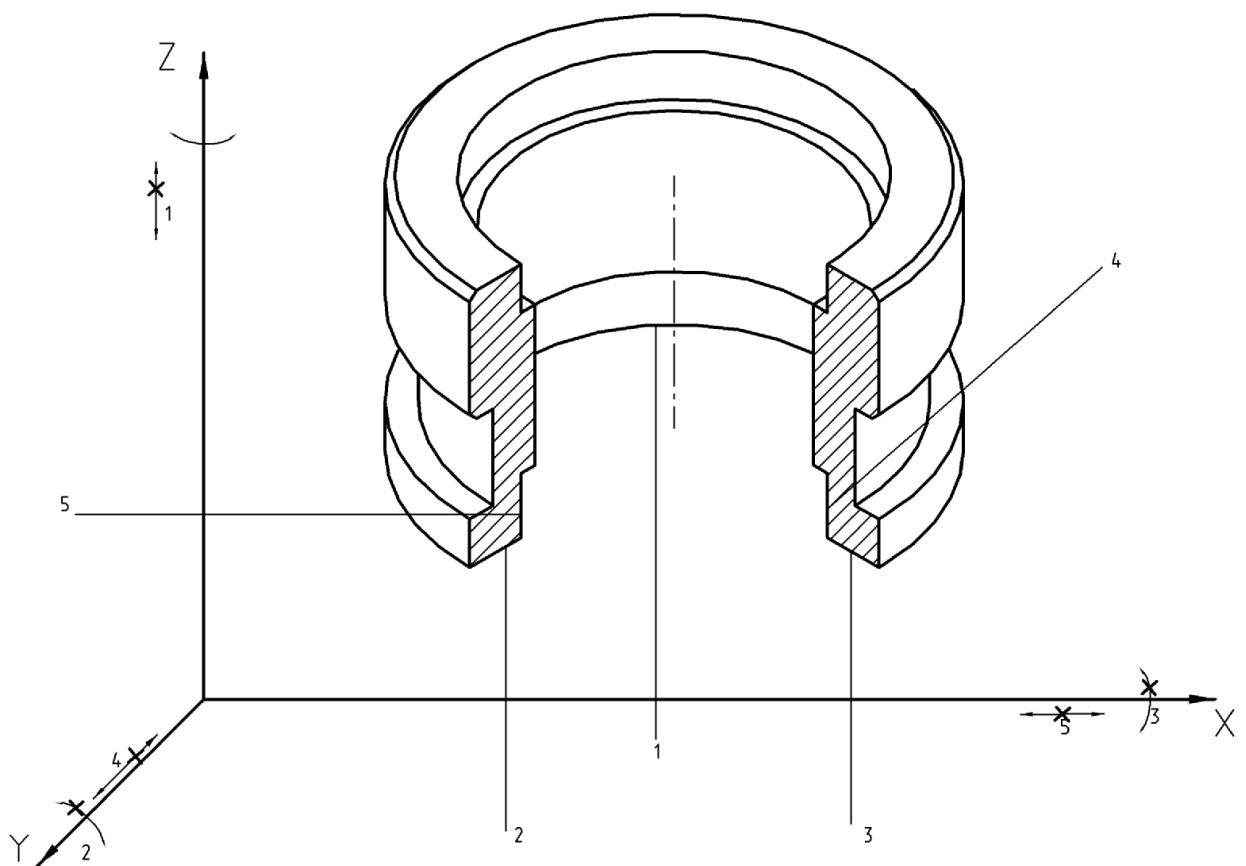


Рисунок 4.2 - Анализ схемы базирования

4.2 Расчет необходимого усилия зажима

Мощность, необходимая для фрезерования

$$N=10^{-3} C_N \times S^y \times m^x \times D^u \times Z^q \times V \times K_N; \quad (4.1)$$

где $Z = 40$ - число зубьев шестерни;

$K_N = 1,2$ - коэффициент, учитывающий механические свойства материала;

$C_N = 124$;

$y = 0,9$;

$x = 1,7$;

$u = -1,0$;

$$q=0$$

$$N = 10^{-3} \times 124 \times 2,2^{0,9} \times 3,5^{1,70} \times 100^{-1,0} \times 40^0 \times 31,4 \times 1,20 = 1,80 \text{ кВт}$$

Определяем силу P_z

$$P_z = \frac{N_e \cdot 1020 \cdot 60}{v} \quad (4.2)$$

где $N_e = 1,80 \text{ кВт}$ – мощность резания, из расчета режимов резания

$$P_z = \frac{1,80 \times 1020 \times 60}{31,40} = 3508,28 \text{ Н}$$

Вертикальная составляющая

$$P_h = P_z (1,1 \div 1,2) \quad (4.3)$$

$$P_h = 1,20 \times 3508,3 = 4209,94 \text{ Н}$$

Горизонтальная составляющая

$$P_v = 0,25 P_z \quad (4.4)$$

$$P_v = 0,25 \times 3508,3 = 877,07 \text{ Н}$$

Окружная сила

$$P_x = P_z (0,2 \div 0,4) \times \operatorname{tg} \omega \quad (4.5)$$

$$P_x = 0,40 \times 3508,3 \times 0,1091 = 153,10 \text{ Н}$$

где $tg\omega = \frac{t}{L} = \frac{8,75}{69,56} = 0,1257$

$t = 8,75$ – снимаемый припуск ;

$L = 69,56 \text{ мм}$ – длина контакта фрезы и детали.

$$L = 2\sqrt{R^2 - h^2} \quad (4.6)$$

$$L = 2\sqrt{73,5^2 - 64,75^2} = 69,56 \text{ мм}$$

где $R = 147/2 = 73,5 \text{ мм}$ – внешний радиус колеса

$$h = R - t = \frac{147}{2} - 8,75 = 64,75 \text{ мм}$$

$f = 0,16$ – коэффициент трения в зоне контакта детали с опорной поверхностью приспособления и зоне контакта детали.

Определяем коэффициент запаса.

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \quad (4.7)$$

$$K = 1,5 \times 1,0 \times 1,6 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,88$$

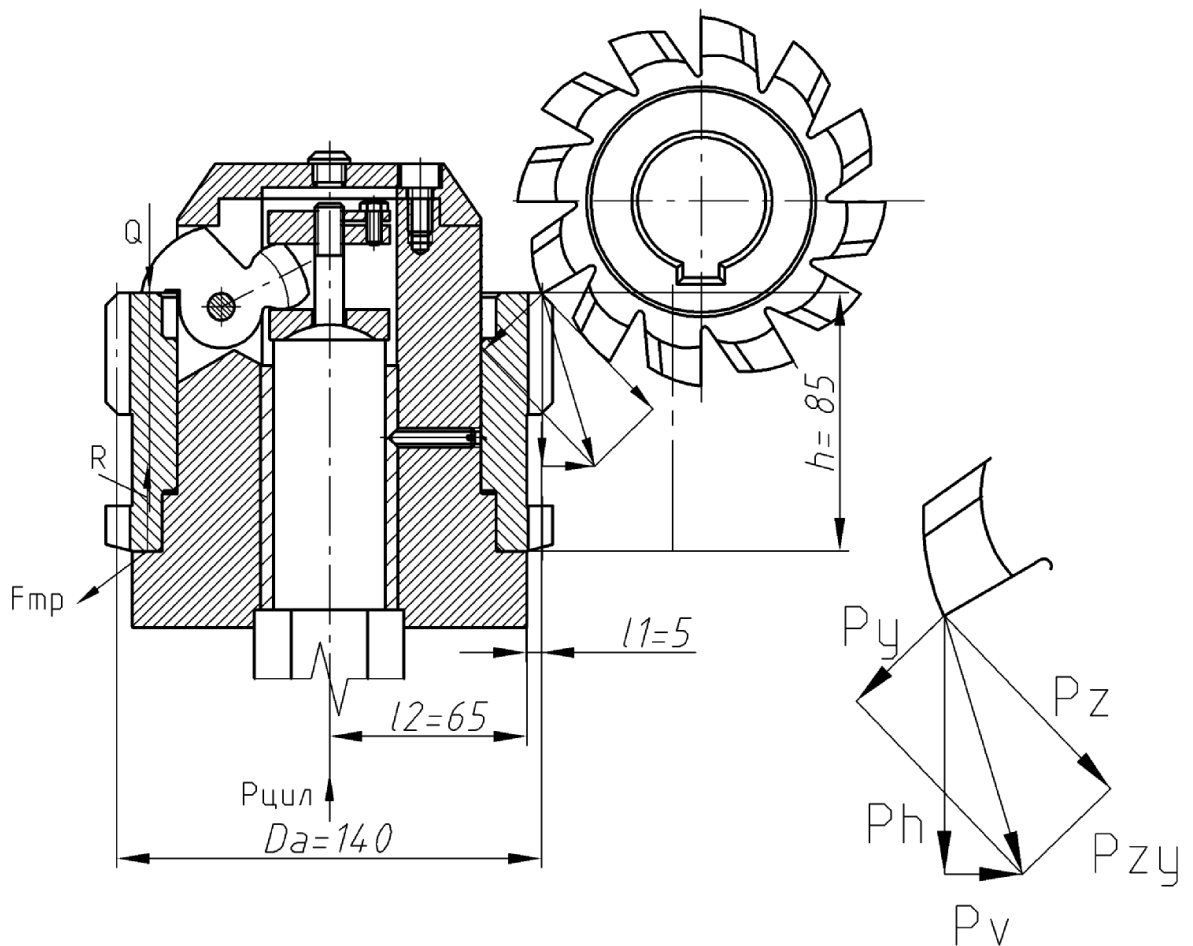


Рисунок 4.3 - Схема действия сил резания и сил зажима

Усилие зажима заготовки от P_h и P_v относительно точки А.

$$(P_h \times l + P_v \times h) \times K \leq Q_I \times l_2 \quad (4.8)$$

$$Q_I = \frac{K(P_h \cdot l_1 + P_v \cdot h)}{l_2}; H \quad (4.9)$$

$$Q_1 = \frac{2,88 (4209,9 \times 5,0 + 877,1 \times 85)}{65} = 4235,9 \text{ Н}$$

Смещение P_v и P_x .

$$P_{vx} = \sqrt{P_v^2 + P_x^2} = \sqrt{877,8^2 + 153,1^2} = 891,6H$$

$$K \times P_{vx} = F_{mp2} = (Q_{II} + P_h) \times f_2 \quad (4.10)$$

$$Q_{II} = \frac{K \cdot P_{vx} - P_h \cdot f_2}{f_2}; H \quad (4.11)$$

$$Q_2 = \frac{2,88 \times 891,6 - 4209,9 \times 0,16}{0,16} = 11838,9 \quad H$$

Проведем расчет передаточного механизма

В качестве передаточного механизма используется система рычага в виде двухплечового рычага.

$$Q \times L_2 = W \times L_1 \times \eta \quad (4.12)$$

где L_1 и L_2 - плечи прижимного рычага.

$\eta = 0,85-0,5$ - К.П.Д. рычага

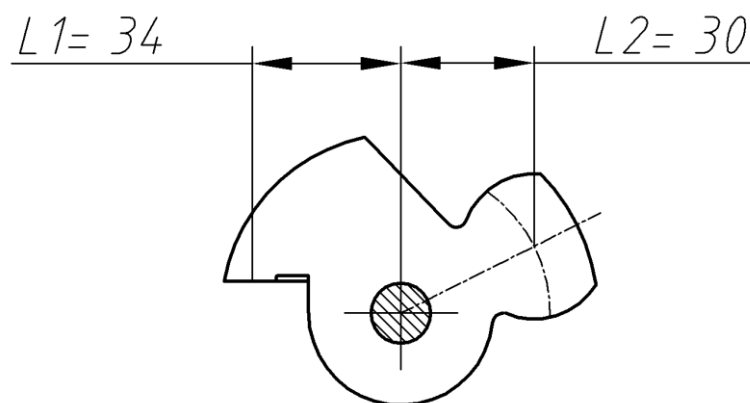


Рисунок 4.4 - Схема передаточного механизма

$$Q = \frac{11838,9 \times 34,0}{30 \times 0,95} = 14123,6 \text{ Н} \quad (4.13)$$

Диаметр пневмоцилиндра, определяемый по формуле

$$Q_y = 0,785 \times D^2 \times p \times \eta; \quad (4.14)$$

где Q_y – необходимая сила зажима;

$p = 0,4 \div 0,6 \text{ МПа}$ - давление сжатого воздуха;

$\eta = 0,85 \div 0,95$ – К.П.Д. пневмоцилиндра;

D – диаметр цилиндра;

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \times p \times \eta}} \quad (4.15)$$

$$D = \sqrt{\frac{14123,6}{0,785 \times 0,40 \times 0,85}} = 230,0 \text{ мм}$$

Принимаем ближайшее большее значение диаметра цилиндра согласно стандартным значениям

$$D_{\text{ц}} = 250 \text{ мм}, \quad d_{\text{ш}} = 45 \text{ мм}.$$

Определяем фактическое усилия на приводе.

$$Q_{\phi} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times \eta \times p \quad (4.16)$$

$$Q_{\phi} = 0,785 \times 250^2 \times 0,85 \times 0,6 = 25022 \text{ Н}$$

Расчет на точность

Определяем допускаемые погрешности приспособления

$$[\varepsilon_{np}] < JT - (K_1 \times \varepsilon_B + \varepsilon_3 + K_2 \times W) \quad (4.17)$$

где JT – допуск на радиальное биение зубчатого венца (при предварительной черновой обработке по 10 степени точности) равен 300 мкм [15];

$$e_\delta = 0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$$

где $\delta_1 = 0,087$ мм - допуск на базовое отверстие [JT9];

$$\delta_2 = 0,022$$
 мм - допуск на оправку [JT6];

$$\varepsilon_\delta = 0,0255 + 0,5 \times 0,087 + 0,5 \times 0,022 = 0,077$$
 мм

$$\varepsilon_3 = 0$$
 мкм - поскольку усилия зажима не влияет на точность обработки

Погрешность приспособления

$$[\varepsilon_{np}] = 0,30 - (0,8 \times 0,077 + 0,0 + 0,6 \times 0,12) = 0,166$$
 мм

Расчет времени срабатывания.

Время срабатывания определяется по формулам:

$$t = 22,8 \times 10^{-6} \times \frac{\varepsilon \times L}{\beta^2 \times \sqrt{\varepsilon^{1,43} - \varepsilon^{1,715}}} ; \text{ (с) при } \varepsilon > 0,528$$

$$t = 84,4 \times 10^{-6} \times \frac{\varepsilon \times L}{\beta^2} ; \text{ (с) при } \varepsilon < 0,528$$

$$\text{где } E = \frac{P_n}{P_0}; \quad P_n = \frac{P_{np}}{F \times f_1}$$

$$\text{где } P_{нв} = 0,5 P_{раб} = 0,5 \times 0,6 = 0,3$$
 МПа

$$P_0 = 0,4$$
 МПа - давление воздуха

$$F$$
 - площадь поршня

$$F = 0,25 \times \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 250^2 = 49087,38 \text{ мм}^2$$

P_{np} - приведенная сила на штоке в начале движения:

$$P_{np} = F \times P_{нв} = 49087,38 \times 10^6 \times 0,2 \times 10^6 = 9817,5 \text{ Н}$$

$f_1 = 0,92$ - коэффициент, учитывающий трение между поршнем и цилиндром

$$P_n = \frac{9817,5}{49087,4 \cdot 0,92} = 0,217 \text{ МПа}$$

$$\varepsilon = \frac{0,217}{0,4} = 0,543$$

$L = 2,0 \text{ см}$ - длина хода поршня

$\beta = 12/250 = 0,048$ - отношение диаметра воздуховода к диаметру пневмоцилиндра

Время срабатывания определяется по формуле

$$t = 22,8 \cdot 10^{-6} \frac{0,543 \cdot 2,0}{0,048^2 \cdot \sqrt{0,543^{1,43} - 0,543^{1,715}}} = 0,02 \text{ с}$$

4.3 Расчет на прочность

Наиболее нагруженным элементом приспособления является ось рычага прижима, работающего на срез.

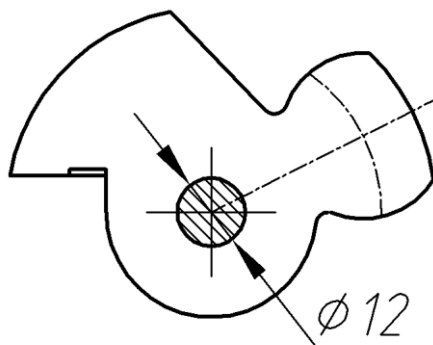


Рисунок 4.5 - Эскиз наиболее нагруженного элемента приспособления

Определяем силу нагрузки.

Сила нагрузки будет равна реакции в опоре механизма рычага, при этом учитываем тип рычажного механизма.

Реакцию опоры определим ее по формуле $R = \sqrt{Q^2 + W^2}$ [12]

где Q - усилие на штоке = $25022/2 = 12511$ Н

W - усилие передаваемое рычагом на деталь. $W = 14925,4/2 = 7462,7$ Н

$$W = \frac{Q \times L_1}{L_2 \times \eta}$$

где:

$L_1 = 35$ мм $L_2 = 30$ мм - длина плечей рычага с чертежа приспособления

$\eta = 0,95$ – КПД передаточного механизма;

$$Q = \frac{12511,00 \times 34}{30 \times 0,95} = 14925,4 \text{ Н}$$

$$R = \sqrt{12511^2 + 7462,7^2} = 14567,4 \text{ Н}$$

Напряжение среза определяется по формуле:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{R}{F} \leq [\tau_{\text{ср}}]$$

где F - площадь сечения оси

$$F = 0,25 \times 3,141 \times 12^2 = 113,1 \text{ мм}^2$$

$[\tau_{\text{ср}}] = 200 \text{ МПа}$ - допустимое напряжение на срез для стали 40Х термообработанная [14]

d- диаметр оси 12 мм

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{14567,4}{113,1} = 128,80 < 200 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

5 Проектирование режущего инструмента

Задача раздела – спроектировать режущий инструмент для тех операций, где применение стандартного инструмента не обеспечивает требуемую эффективность.

На операции 40 применяется в качестве режущего инструмента шевёр. Для проектирования шевёра рассчитаем его параметры по методике [23].

Шевингование рабочих поверхностей зубьев цилиндрических колёс основано на плотном зацеплении их с зубьями инструмента. На поверхности зубьев шевёра имеются канавки, простирающиеся от головки к ножки. В процессе шевингования происходит зацепление двух винтовых колёс с перекрещивающимися осями – обрабатываемого колёса и шевёра.

Шаг в нормальном сечении шевёра

$$t_n = \pi \times m_n \quad (5.1)$$

где m_n - модуль нормальный

$$t_n = \pi \times 2,5 = 7,853982 \text{ мм}$$

Угол наклона зуба на делительном цилиндре шевёра.

Для прямозубых колёс $\beta = 0$ оптимальный угол $\beta = 10^\circ - 20^\circ$, принимаем $\beta_n = 15^\circ$

Определяем торцевой модуль шевёра

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta_n} \quad (5.2)$$

$$m_t = \frac{2,5}{\cos 15^\circ} = 2,588190 \text{ мм}$$

Определяем торцевой угол профиля

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta_n} \quad (5.3)$$

где α - угол профиля исходного контура

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 15^\circ} = 20,646896^\circ = 20^\circ 38' 49''$$

Определяем шаг в торцевом сечении

$$t_t = \frac{t_n}{\cos \beta_n} \quad (5.4)$$

$$t_t = \frac{7,853982}{\cos 15^\circ} = 8,13104$$

Определяем номинальный делительный диаметр в зависимости от модуля и типа станка.

$D=180$ мм

Число зубьев шевера

$$z_u = \frac{D}{m_t} \quad (5.5)$$

$$z_u = \frac{180}{2,588190} = 69,546672$$

Принимаем число зубьев согласно таблице 25 $z=67$

Определяем фактический делительный диаметр шевера

$$D_p = m_t \times z \quad (5.6)$$

$$D_p = 2,588190 \times 67 = 173,40873 \text{ мм}$$

Определяем диаметр основной окружности шевера

$$D_{on} = D_p \times \cos \alpha_t \quad (5.7)$$

$$D_{on} = 173,40873 \times \cos(20^\circ 38' 49'') = 162,2709 \text{ мм}$$

Определяем толщину зуба шевера

а) в нормальном сечении по дуге делительной окружности без припуска на переточку с учетом обязательного утонения зуба колеса для получения гарантированного зазора

$$S_n = \frac{\pi \times m_n}{2} + \Delta S \quad (5.8)$$

где ΔS - утолщение зубьев инструмента в зависимости от модуля

$$S_n = \frac{\pi \times 2,5}{2} + 0,127 = 4,053991 \text{ мм}$$

По таблице определяем допуск на толщину зуба 0,03 мм

б) толщина зуба нового шевера с учетом припуска на переточку

$$S_{нов} = S_n + 2a \quad (5.9)$$

$$S_{нов} = 4,053991 + 2 \times 0,125 = 4,303991 \text{ мм}$$

где $a = \Delta/2 = 0,25/2 = 0,125 \text{ мм}$

Определяем высоту головки зуба шевера с учетом обработки активной части зуба и отсутствия зацепления по переходным кривым.

$$h_n' = 1,1 \times m_n \quad (5.10)$$

$$h_n' = 1,1 \times 2,5 = 2,75 \text{ мм}$$

Определяем высоту ножки зуба с учетом достаточного зазора по наружному диаметру заготовки

$$h_n'' = m_n + k + b \times \text{ctg} \alpha_n \quad (5.11)$$

$$h_n'' = 2,5 + 0,5 + 0,125 \times \text{ctg} 20^\circ = 3,343435$$

где $b = \Delta/2 = 0,25/2 = 0,125 \text{ мм}$

k - увод сверла при сверлении отверстий для вывода гребенки.

Диаметр окружности впадины шевера

$$D_{in} = D_p - 2 \times h_n'' \quad (5.12)$$

$$D_{in} = 173,40873 - 2 \times 3,343435 = 166,721861 \text{ мм}$$

Проверим: $D_{in} \geq D_{on} + 2$; $166,721861 > 164,2709$ получили эвольвентную поверхность по всей высоте зуба.

Определяем диаметр окружности выступов шевера

$$D_{en} = D_p + 2 \times h_n' \quad (5.13)$$

$$D_{en} = 173,40873 + 2 \times 2,75 = 178,90873$$

Толщину щевера принимаем $B=20$ мм для $m>1$

Высота зуба шевера

$$H = \frac{D_{en} - D_{in}}{2} \quad (5.14)$$

$$H = \frac{178,90873 - 166,721861}{2} = 6,09343 \text{ мм}$$

Заострение вершины зуба Р после строгания канавок должно быть не менее 0,1 мм.

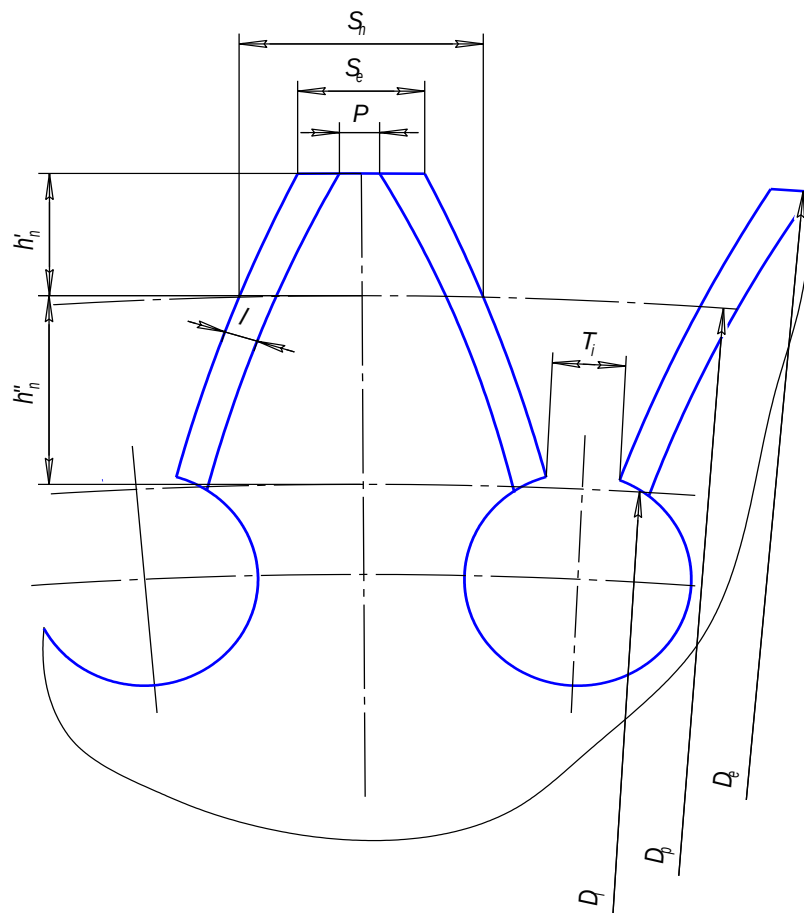


Рисунок 5.1 – Заострение вершины зуба

$$P = S_e - \frac{2 \times l}{\cos \alpha_{eu}} \quad (5.15)$$

а) определяем толщину зуба на диаметре выступов

$$S_e = D_{en} \times \left(\frac{S_{нов}}{D_p \times \cos \beta_n} + \operatorname{inv} \alpha_t - \operatorname{inv} \alpha_{et} \right) \quad (5.16)$$

где $l = 0,6$ мм – глубина канавок

α_{et} - угол профиля на окружности выступов

$$\alpha_{et} = \arccos\left(\frac{D_p}{D_{en}} \times \cos \alpha_{nt}\right) = \arccos\left(\frac{173,40873}{178,90873} \times \cos 20^\circ 38' 49''\right) = 24,906109 = 24^\circ 54' 22''$$

$$\operatorname{inv} \alpha_t = 0,016454$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{et} = 0,029621$$

$$S_e = 178,90873 \times \left(\frac{4,303991}{173,40873 \times \cos 15^\circ} + 0,016454 - 0,029621 \right) = 2,241453 \text{ мм}$$

б) определим величину заострения на диаметре выступов

$$P = 2,241453 - \frac{2 \times 0,6}{\cos(24,906109)} = 0,918 \text{ мм}$$

Проверка на свободное прохождение гребенки при долблении канавок шевера

а) определяем толщину зуба шевера после фрезерования по дуге делительной окружности

$$S_{it\phi} = \frac{S_n + \delta}{\cos \beta_n} \quad (5.17)$$

где $\delta = 0,45$ припуск на шлифование зуба

$$S_{it\phi} = \frac{4,053991 + 0,45}{\cos 15^\circ} = 4,66287 \text{ мм}$$

б) рассчитываем толщину зуба шевера в торцевом сечении по окружности впадин

$$S_{it\phi} = D_{in} \times \left(\frac{S_{it\phi}}{D_p} + \text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{it} \right) \quad (5.18)$$

$$\alpha_{it} = \arccos \left(\frac{D_p}{D_{in}} \times \cos \alpha_{nt} \right) = \arccos \left(\frac{173,40873}{166,721861} \times \cos 20^\circ 38' 49'' \right) = 13,26902663 = 13^\circ 16' 09''$$

$$\text{inv} \alpha_t = 0,016454$$

$$\text{inv} \alpha_{it} = 0,0042312$$

$$S_{it\phi} = 166,721861 \times \left(\frac{4,66287}{173,40873} + 0,016454 - 0,0042312 \right) = 6,52087 \text{ мм}$$

в) определяем ширину просвета

$$T_i = t_{it} - S_{it\phi} \quad (5.19)$$

$$T_i = 7,817495 - 6,52087 = 1,296625 \text{ мм}$$

Определяем диаметр отверстия гребенок при долблении

$$d = T_i + (2,5 \div 3) = 3,7966 \div 4,2966$$

В зависимости от модуля принимаем $d = 4$ мм.

Определяем окружность центров отверстий для выхода гребенки

$$D_u = D_i - \sqrt{d^2 - T_i^2} \quad (5.20)$$

$$D_u = 166,721861 - \sqrt{(4^2 - 1,296625^2)} = 162,9378468 \text{ мм}$$

Угол наклона оси отверстия для выхода гребенки

$$\operatorname{tg} \beta_u = \frac{D_i \times \operatorname{tg} \beta_n}{D_p} \quad (5.21)$$

$$\operatorname{tg} \beta_u = \frac{166,721861 \times \operatorname{tg} 15}{173,40873}$$

$$\beta_u = 14^\circ 26' 47''$$

Выбираем размеры канавок $t=1,8$; $b_e=0,9$; $l=0,6$.

Диаметр посадочного отверстия $D=63,5$

Рабочий чертеж шевера приведен в графической части проекта. Схема шевера показана на рисунке 5.3.

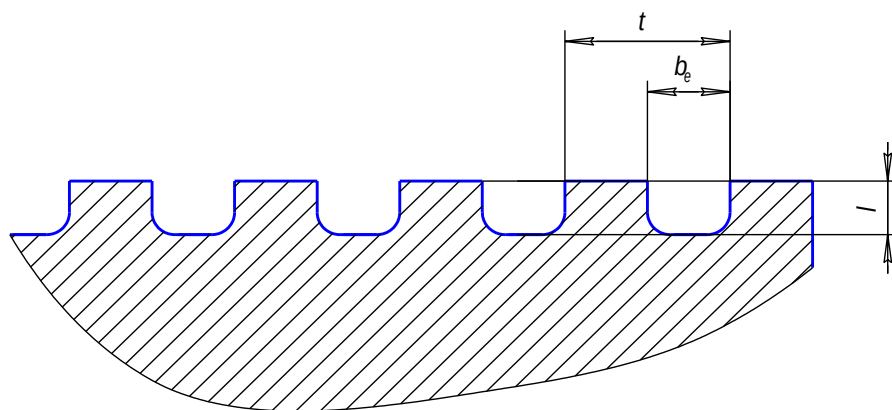


Рисунок 5.2 – Размеры канавок

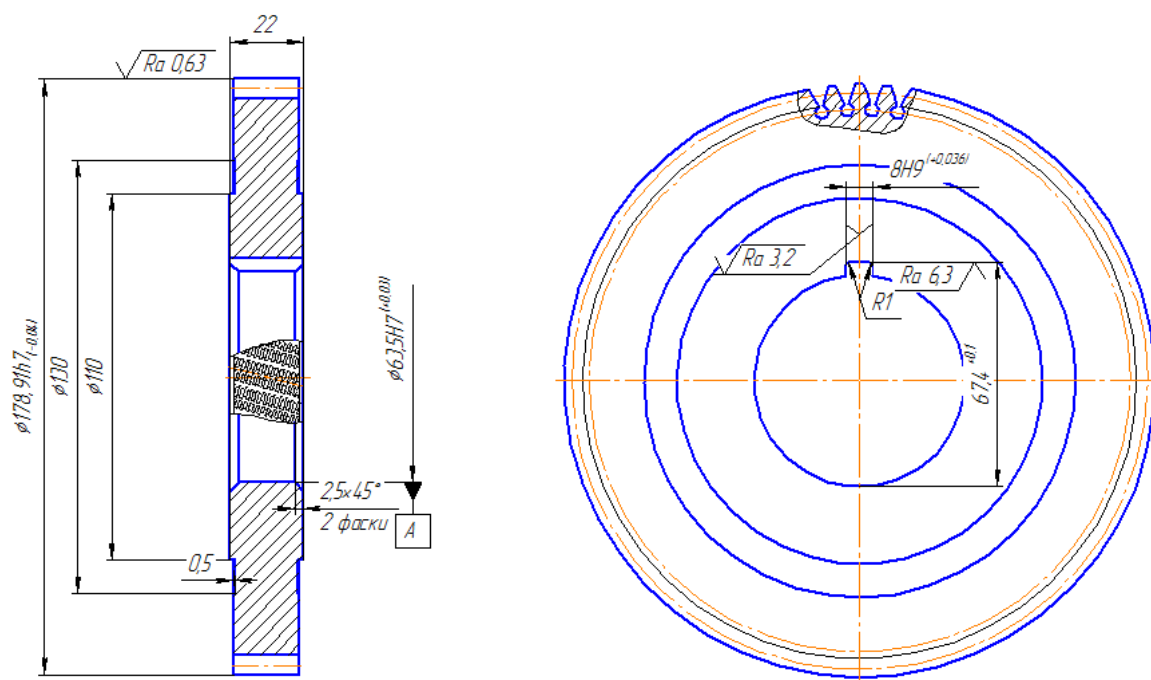


Рисунок 5.3 – Схема шевера

6 Проектирование средств контроля

Контрольные приспособления служат для проверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособление применяется как для межоперационного, так и для окончательного контроля размеров, взаимного положения поверхностей и правильности их геометрической формы. При этом повышается производительность труда, качество и объективная оценка контролируемых изделий.

Данным приспособлением проводится контроль точности изготовления шестерни, радиальное биение за один оборот шестерни, радиальное биение на один зуб и точность межосевого расстояния.

Приспособление состоит из корпуса, в правой части верхней плоскости которого установлена специальная подставка со сменными пальцами (рисунок 6.1).

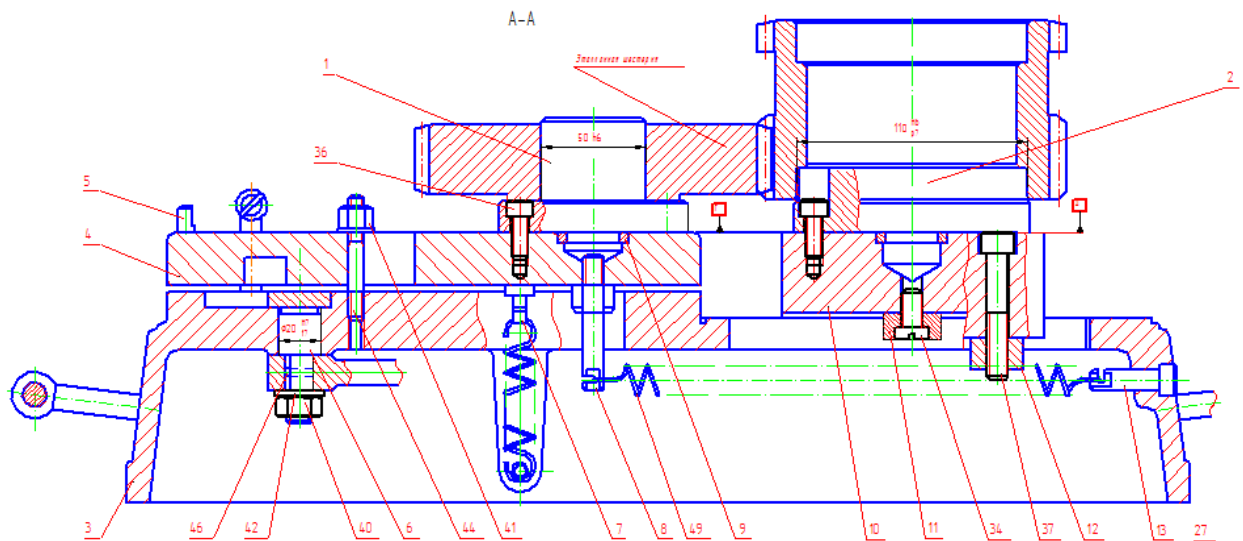


Рисунок 6.1 – Схема контрольного приспособления

Эта подставка имеет возможность регулирования по пазу корпуса. В левой части корпуса располагается подвижная плита на шариковых

направляющих. На плите установлен палец, на котором размещается эталонная шестерня.

Подвижная плита поджимается к направляющим с помощью пружины, одновременно с помощью пружины плита стремится переместиться в крайнее правое положение.

При отсутствии контролируемой шестерни, плита упирается в шпильку. В подвижной плите имеется окно, через которое в корпусе установлена стойка с индикатором, который входит в контакт с упором, закрепленным на подвижной плите. Управление перемещением плиты производится с помощью рукоятки и рычажной системы.

Контроль в приспособлении осуществляется следующим образом. С помощью рукоятки подвижная плита, с установленной на ней эталонной шестерней, перемещается в крайнее левое положение. Затем на базовый палец неподвижной стойки устанавливается контролируемая шестерня, после чего отпускают верхнюю плиту и плавно вводят в зацепление проверяемую шестерню с эталонной.

После достижения беззазорного зацепления начинают плавно вращать рабочую шестерню. При наличии отклонений в рабочей шестерни подвижная плита получает перемещение, которое отражается на показаниях специального градуированного индикатора ИК-10КЛ1. По разности показаний индикатора судят о пригодности контролируемой шестерни.

Допустимую суммарную погрешность приспособления определим по формуле

$$[\varepsilon_{\text{пр.к}}] = \varepsilon_{\text{изм}} - (K_1 \times \varepsilon_{\text{БК}} + \varepsilon_{\text{Зк}} + K_2 \times \omega_{\text{изм}}) \quad (6.1)$$

где $[\varepsilon_{\text{изм}}] = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}$ – погрешность измерения контролируемого параметра [12]

Межцентровое расстояние $140 \pm 0,02$

$K_1 = 0,8$ – коэффициент, учитывающий наличие отклонений базовых поверхностей.

$\varepsilon_{\text{БК}}$ – погрешность базирования - зависит от диаметра установочного пальца

Диаметр пальца $\varnothing 110 \text{ H6}$

$$\varepsilon_{\delta} = 0,51\delta + 0,5$$

где $\delta_1 = 0,016 \text{ мм}$ - допуск на базовое отверстие [JT6];

$\delta_2 = 0,011 \text{ мм}$ - допуск на оправку [JT5];

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \times 0,016 + 0,5 \times 0,011 = 0,0645 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{\text{ЗК}} = 0$ – погрешность закрепления (отсутствует усилие зажима)

$K_2 = 0,6$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние доли погрешностей $\varepsilon_{\text{БК}}$ и $\varepsilon_{\text{К}}$ в суммарной погрешности измерения

$\omega_{\text{ИЗМ}}$ – экономическая точность измерения данным методом

$$\omega_{\text{ИЗМ}} = 0,019 \quad [12]$$

$$[\varepsilon_{\text{пр.к}}] = 0,05 - (0,8 \times 0,039 + 0 + 0,6 \times 0,019) = 0,0074 \text{ мм}$$

Проектируемое контрольное приспособление удовлетворяет всем требованиям.

7 Проектирование средств автоматизации

Расчет механизма изменения скорости салазок

Для повышения быстроходности станка и повышения его технологических возможностей необходимо спроектировать механизм для изменения скорости салазок в 3,5 раза в сторону повышения.

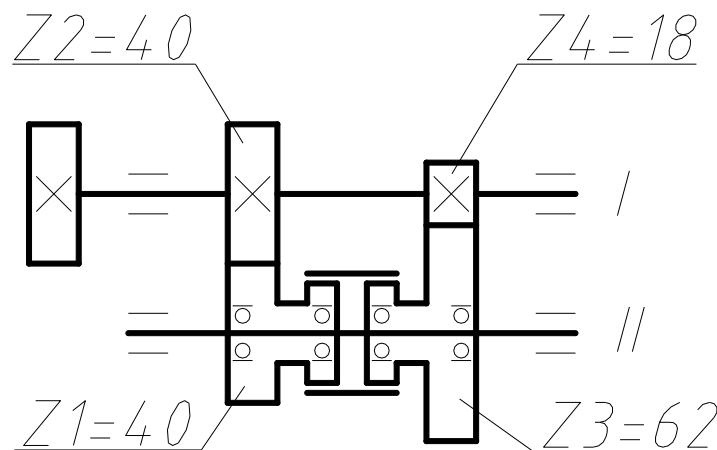


Рисунок 7.1 - Кинематическая схема механизма изменения скорости салазок

Передаточное число передачи $Z1-Z2$ $U1 = 1$, передаточное число передачи $Z3-Z4$ $U2 = 0,3$.

Для изготовления зубчатых колес применяются стали с твердостью материала ≤ 350 HB. Так как в причиненные нет особых требований к размерам передачи, выбираем материал со средними механическими характеристиками

Для шестерни - Сталь 40X ГОСТ 4543-81 твердость > 45 HRC

Для колеса - Сталь 40X ГОСТ 4543-81 твердость ≤ 350 HB

Разница средних жесткостей $HB1_{cp} - HB2_{cp} > 70$

Механические свойства стали 40X [5]

Для шестерни твердостью 45 ... 50 HRC Термообработка - улучшением и закалка СВЧ, Твердость 269 ... 302 HB;

Средняя твердость зубьев шестерни $HRC_{сер1} = (45 \ 50) / 2 = 47.5$

и колеса $HB_{сер2} = (269 \ 302) / 2 = 285.5$

для колеса - улучшение, твердость HB 200.

Расчет допустимых контактных напряжений

Допустимые контактные напряжения при расчетах на прочность находятся отдельно для зубьев шестерни и колеса

Коэффициент долговечности

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N}} \quad (7.1)$$

где N_{HO} -число циклов изменения напряжения, которое соответствует предела выносливости [5].

N -число циклов изменения напряжения за все время службы.

$$N = 573 \times \omega \times Lh \quad (7.2)$$

где ω - угловая скорость соответствующего вала.

Для шестерни

$$N1 = 573 \times \omega_1 \times Lh = 573 \times 96.34 \times 30 \times 103 = 1656 \times 106 \quad (7.3)$$

Для колеса

$$N2 = 573 \times \omega_2 \times Lh = 573 \times 19.3 \times 30 \times 103 = 331.7 \times 106 \quad (7.4)$$

При средней твердости поверхности зубьев шестерни 47.5 HRC

$$N_{HO1} = 69.9 \times 10^6$$

$$\text{колеса } H_{B \text{ ср}2} = 285.5 \quad N_{HO2} = 22.5 \times 10^6$$

Так как $N_1 > N_{HO1}$ и $N_2 > N_{HO2}$, то примем

$$K_{HL1} = 1.0 \text{ и } K_{HL2} = 1.0 [5]$$

Допустимое контактное напряжение $[\sigma]_{HO}$, что соответствует границе контактной выносливости при числе циклов изменения напряжения N_{HO} [5].

$$\text{Для шестерни } [\sigma]_{HO1} = 14 HRC_{\text{ср}1}^{170} = 14 \times 47.5^{170} = 835 \text{ МПа}$$

$$\text{Для колеса } [\sigma]_{HO2} = 1,8 H_{B \text{ ср}2}^{67} = 1,8 \times 285.5^{67} = 580,9 \text{ МПа}$$

Допустимые контактные напряжения для зубьев шестерни и колеса.

$$[\sigma]_{H1} = K_{HL1} [\sigma]_{HO1} \quad [\sigma]_{H2} = K_{HL2} [\sigma]_{HO2} [5]$$

$$\text{Для шестерни } [\sigma]_{H1} = 1.0 \times 835 = 835 \text{ МПа}$$

$$\text{Для колеса } [\sigma]_{H2} = 1.0 \times 580,9 = 580,9 \text{ МПа}$$

Зубчатые цилиндрические косозубые передачи при $H_{B1 \text{ ср}} - H_{B2 \text{ ср}} \geq 70$ и твердости зубьев колеса ≤ 350 HB рассчитывают по среднему допустимом контактном напряжении

$$[\sigma]_H = 0,45 ([\sigma]_{H1} [\sigma]_{H2}) \quad (7.5)$$

$$[\sigma]_H = 0,45 (835 \cdot 580,9) = 637,2 \text{ МПа}$$

При этом условие $[\sigma]_H = 637,2 \leq 1,23 [\sigma]_{H2} = 714,5 \text{ МПа}$ выполнено

Определение допустимых напряжений на изгиб

Проверочный расчет зубчатых передач на напряжение гибки выполняется отдельно для зубьев шестерни и колеса по допустимым напряжениям сгибание $[\sigma]_{F1}$ и $[\sigma]_{F2}$

Коэффициент долговечности

$$K_{FL} = \sqrt[6]{\frac{N_{FO}}{N}} \quad (7.6)$$

где $N_{FO} = 4.0 \times 10^6$ число циклов изменения напряжения, для всех сталей соответствующих предела выносливости [5].

N -число циклов изменения напряжения за все время службы.

$N_1 = 1656 \times 10^6$; $N_2 = 331,7 \times 10^6$ циклов что больше $N_{FO} = 4.0 \times 10^6$, поэтому

$$K_{FL1} = K_{FL2} = 1,0 \text{ [5]}$$

Допустимое напряжение гибки, что соответствует числу циклов изменения напряжения N_{FO} [5]

Для шестерни $[\sigma]_{F01} = 310$ МПа в предположении, что $m < 2.0$ мм

Для колеса $[\sigma]_{F02} = 1,03 \text{ HB}_{cp2} = 1,03 \times 285,5 = 294$ МПа

Допустимые напряжения гибки для зубьев шестерни и колеса

$$[\sigma]_{F1} = K_{FL1} [\sigma]_{F01} \quad [\sigma]_{F2} = K_{FL2} [\sigma]_{F02} \text{ [5]}$$

$$[\sigma]_{F1} = 310 \text{ МПа}, \quad [\sigma]_{F2} = 294 \text{ МПа}$$

Расчет модуля сцепления будем выполнять пользуясь меньшим значением допустимого напряжения гибки, а именно $[\sigma]_F = [\sigma]_{F2} = 294$ МПа

Таблица 7.1 Механические характеристики материалов зубчатой передачи

Элемент передачи	Марка стали	Термообработка	HRC _{cp1}	$[\sigma]_H$	$[\sigma]_F$
			HB _{cp2}	МПа	
Шестерня	40X	Улучшение (У)	47.5	35	310
Колесо	40X	Улучшение и закалка (У+ТВЧ)	285.5	580,9	294

Расчет зубчатой передачи $Z1-Z2$

Определение межцентрового расстояния [1]

$$a_w = Ka(U+1)^3 \sqrt{\frac{T_2 \times 10^3}{\psi_a U^2 [\sigma]_H^2}} K_{H\beta} \quad (7.7)$$

где $K_a = 49,5$ - вспомогательный коэффициент для косозубых передачи

$\psi_a = b / a_w = 0,285$ - коэффициент ширины венца

$U_{зп} = 1,0$ - передаточное число цилиндрической передачи;

$P = 15 \text{ кВт}$ - мощность электродвигателя привода салазок;

$n = 1430 \text{ об/мин}$ - частота вращения вала электродвигателя привода салазок;

$$T = \frac{30P}{\pi n} = \frac{30 \times 15 \times 10^3}{3,14 \times 1430} = 100,17 \text{ Нм} \quad (7.8)$$

Для расчета принимают $T = 100 \text{ Нм}$;

$[\sigma]_H = 637,2 \text{ МПа}$ - среднее значение допустимого контактного напряжения;

$K_{H\beta}$ - коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца для колес с прямым зубом $= 1,0$

$$a_w = 49,5 \times (1,0 + 1) \times \sqrt[3]{\frac{100 \times 10^3}{0,285 \times 1,0^2 \times 637,2^2}} \times 1,0 = 94,3 \text{ мм} \quad (7.9)$$

Полученное значение межцентрового расстояния округляем до ближайшего значения из ряда нормальных линейных размеров и из конструктивных соображений увеличиваем в 1,4 раза.

$$a_w = 140 \text{ мм} [11]$$

Модуль сцепления зубчатой передачи

Модуль зубчатой передачи вычисляем по формуле [11]:

$$m = K_m \sqrt[3]{\frac{Y_F K_{F\beta} T_1}{Z_1^2 \psi_{bd} [\sigma_F]}} \quad (7.10)$$

где $K_m = 14$ - коэффициент;

$Y_F = 3,7$ - коэффициент, зависящий от числа зубьев шестерни;

$K_F\beta = 1$ - коэффициент, зависящий от ψ_{bd} и типа передачи;

$T_1 = 100,17$ Нм - крутящий момент на шестерне;

$z_1 = 40$ - число зубьев шестерни;

ψ_{bd} - коэффициент ширины венца, равен;

$\psi_{bd} = 0,5 \psi_{ba} (u \geq 1)$ [11]

где: $\psi_{ba} = 0,3$ - коэффициент ширины венца;

$u = 1$ - передаточное число передачи.

$\psi_{bd} = 0,5 \times 0,3 \times (1 \geq 1) = 0,3$

$$[\sigma_F] = K_{FL} K_{Fc} \frac{\sigma_{F \lim b}}{s_F} \quad (7.11)$$

где: $K_{FL} = 1$ - коэффициент долговечности;

$K_{Fc} = 0,75$ - коэффициент, зависящий от типа нагрузки;

$\sigma_{F \lim b} = 600$ МПа - предел выносливости;

$s_F = 2$ - коэффициент безопасности.

$$[\sigma_F] = 1 \times 0,75 \times \frac{600}{2} = 225 \text{ МПа} \quad (7.12)$$

Итак:

$$m = 14 \times \sqrt[3]{\frac{3,7 \times 1 \times 100,17 \times 10^3}{40^2 \times 0,3 \times 225}} = 3,17 \text{ мм} \quad (7.13)$$

Согласно стандартному ряду значения модуля с учетом того, что твердость шестерни > 45 HRC, и по конструктивным соображениям принимаем

$m = 3,5$ мм

Таблица 7.2 - Расчет параметров цилиндрической зубчатой передачи.

Диаметр	Формула для расчета	Расчет
Делительный Шестерни колеса	$d_1 = mZ_1$	$d_1 = 3,5 \times 40 = 140 \text{ мм}$
	$d_2 = mZ_2$	$d_2 = 3,5 \times 40 = 140 \text{ мм}$
Вершины зуба Шестерни колеса	$d_{a1} = d_1 + 2m$	$d_{a1} = 140 + 2 \times 3,5 = 147 \text{ мм}$
	$d_{a2} = d_2 + 2m$	$d_{a2} = 140 + 2 \times 3,5 = 147 \text{ мм}$
Впадины зуба Шестерни колеса	$d_{f1} = d_1 - 2,4m$	$d_{f1} = 140 - 2,4 \times 3,5 = 131,6 \text{ мм}$
	$d_{f2} = d_2 - 2,4m$	$d_{f2} = 140 - 2,4 \times 3,5 = 131,6 \text{ мм}$
Ширина венца Шестерни колеса	$b_1 = b_2 + (2 \dots 4)$	$b_1 = 40 + (2 \dots 4) = 43 \text{ мм}$
	$b_2 = \psi_a \times a_w$	$b_2 = 0,285 \times 140 = 40 \text{ мм}$

Проверка межцентрового расстояния

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{140 + 140}{2} = 140 \text{ мм} \quad (7.14)$$

Проверка контактных напряжений [11]

$$\sigma_H = \frac{310}{a_w} \sqrt{\frac{M_{об} K_H (u+1)^3}{b u^2}} \leq [\sigma_H] \quad (7.15)$$

где A_w - межцентровое расстояние, мм;

Моб - вращающий момент, Нмм;

$$K_H = 1,0 \times 1,35 \times 1,1 = 1,485$$

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H\limb} K_{HL}}{[S_H]} \quad (7.16)$$

где $\sigma_{H\limb} = 18HRC + 150$ = предел контактной выносливости при базовом числе циклов, МПа;

$K_{HL} = 1$ - коэффициент долговечности;

$[S_H] = 1,1$ - коэффициент безопасности.

$$[\sigma_H] = \frac{(18 \times 40 + 150) \times 1}{1,1} = 790 \text{ МПа} \quad (7.17)$$

$$\sigma_H = \frac{310}{140} \sqrt{\frac{100,17 \times 10^3 \times 1,485 \times (1+1)^3}{40 \times 1^2}} = 382 \text{ МПа} \leq [\sigma_H]$$

8 Безопасность и экологичность проекта

8.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 8.1 - Паспорт технического объекта

Технический и/или технологически й процесс	Операция технологическ ого процесса и/или вид предлагаемых работ	Должность работающего, который будет выполнять предлагаемый технологически й процесс и/ил операцию	Технологиче ское оборудовани е и/или техническое приспособле ние, устройство	Использу емые материал ы и/или вещества
Точение	Токарная операция	Оператор станков с программным управлением	Токарный многошпинд ельный станок 1Б284	Металл, СОЖ
Зубофрезерован ие	Зубофрезерна я операция	Оператор станков с программным управлением	Зубофрезеро вальный полуавтомат 53А30	Металл, СОЖ
Зубозакруглени е	Зубозакругля ющая операция	Оператор станков с программным управлением	Зубозфрезер ный станок 5Н582	Металл, СОЖ

8.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 8.2 – Риски в профессиональной деятельности

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
Токарная операция	Движущиеся машины и механизмы; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; монотонность труда	Токарный многошпиндельный станок 1Б284
Зубофрезерная операция	Движущиеся машины и механизмы; повышенная температура поверхностей	Зубофрезерный полуавтомат 53А30

	оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; монотонность труда	
Зубозакругляющая операция	Движущиеся машины и механизмы; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенный уровень шума на рабочем месте; монотонность труда	Зубофрезерный станок 5Н582

8.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков
Таблица 8.3 – Мероприятия направленные на снижение уровня опасных и вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор и/или опасный производственный фактор	Технические средства защиты, организационно- технические методы частичного снижения, полного устранения	СИЗ работающего
--	---	--------------------

	вредного производственного фактора и/или опасного производственного фактора	
Движущиеся машины и механизмы	Регламентированная процедура по охране труда	Очки, каска
Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Соблюдение техники и правил безопасности при выполнении работ	Очки, каска, краги
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Антишумовая обработка участка обработки	Беруши

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

Таблица 8.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Производственный участок и/или производственное подразделение	Используемое оборудование	Номер пожара	Опасные факторы при пожаре	Сопутствующие проявляющиеся факторы при пожаре
Участок обработки детали	Токарный многошпиндельный станок 1Б284,	Пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей	Тепловой поток	Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие

	зубофрезерный полуавтомат 53A30, зубофрезерный станок 5H582	или плавящихся твердых веществ и материалов (В)		части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества
--	---	---	--	---

Таблица 8.5 - Выбор средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установочные системы пожаротушения	Средства автоматизации	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
пожарные краны, огнетушители, ящики с песком	Пожарные специальные автомобили	Оборудование специальное для пенного пожаротушения	Приемно-контрольные пожарные приборы	Напорные пожарные рукава	Веревки пожарные, противогазы.	Топоры, ломы, багры, лопаты	Извещатели

Таблица 8.6 – 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
Токарная операция, токарный многошпиндельный станок 1Б284	Проведение регламентированных процедур	Запрет на курение, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ

8.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 8.7 – Определение экологически опасных факторов объекта

Название технического объекта и/или производственного техпроцесса	Структурные элементы технического объекта и/или производственного (производственного сооружения или производственного здания по функционально	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на атмосферу (опасные и	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на гидросферу (забор воды из источников водяного снабжения,	Экологическое негативное воздействие рассматриваемого технического объекта на литосферу (недра, почву, забор плодородной почвы, растительный
---	---	--	--	--

	му назначению, операций техпроцесса, технического оборудования), а также энергетической установки, транспорта и т.п.	вредные выбросы в воздух)	сточные воды)	покров, порча растительного покрова, землеотчуждение и образование отходов и т.д.)
Точение, зубообработка	Токарный многошпиндельный станок 1Б284, зубофрезерный полуавтомат 53А30, зубофрезерный станок 5Н582	Пыль металлическая	Взвешенные вещества и нефтепродукты	Основная часть отходов должна храниться в металлических контейнерах

Таблица 8.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационные и технические мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

Наименование технического объекта	Токарная операция
Предлагаемые мероприятия для снижения	Модернизация фильтрующих элементов в вытяжных трубах

негативного антропогенного воздействия на атмосферу	
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение песковых площадок, биологических фильтров, флотационных установок, отстойников
Предлагаемые мероприятия для снижения негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разработка регламентированных процедур по обращению с отходами

8.6 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность проекта»

В данном разделе исследован разработанный технологический процесс с точки зрения безопасности и экологичности. Выявлены опасные и вредные производственные факторы. Разработаны меры по их снижению. Разработаны меры по снижению пожарной опасности. Разработаны меры по сохранению экологии и окружающей среды.

9 Экономическая эффективность проекта

Задача раздела – технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса (базового и проектного) и определение экономической эффективности проектируемого варианта.

Для выполнения данного раздела необходимо краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали, по вариантам, чтобы обосновать экономическую эффективность, внедряемых мероприятий. Основные отличия по сравниваемым вариантам представлены в качестве таблицы 9.1.

Таблица 9.1 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов технологических процессов изготовления детали

Базовый вариант	Проектируемый вариант
<u>Оборудование</u> – технологическое оборудование. <u>Оснастка</u> – станочные приспособления. <u>Инструмент</u> – режущий инструмент. $T_{шт} = 2,29$ мин. $T_O = 1,68$ мин.	<u>Оборудование</u> – модернизированное технологическое оборудование. <u>Оснастка</u> – спроектированные станочные приспособления. <u>Инструмент</u> – совершенствованный режущий инструмент. $T_{шт} = 2,06$ мин. $T_O = 1,51$ мин.

Описанные в таблице 9.1 условия являются исходными данными для определения цены на оборудование, оснастку и инструмент, необходимые для проведения экономических расчетов, с целью обоснованности внедрения предложенных изменений. Однако, представленной информации для правильного выполнения раздела будет не достаточно, так как необходимо знание следующих величин:

- программа выпуска изделия, равная 100000 шт.;

- материал изделия, масса детали и заготовки, а также способ получения заготовки, которые влияют на величину расходов основного материала. Однако, если проектным вариантом ТП не предусмотрено изменение параметров заготовки или детали, то определять данную статью не целесообразно, так как не зависимо от варианта, величина будет одинаковой и на разницу между сравниваемыми процессами оказывать влияние не будут;

- нормативные и тарифные значения, используемые для определения расходов на воду, электроэнергию, сжатый воздух и т.д.;

- часовые тарифные ставки, применяемые при определении заработной платы основных производственных рабочих.

Для упрощения расчетов, связанных с проведением экономического обоснования, совершенствования технологического процесса предлагается использовать пакет программного обеспечения Microsoft Excel. Совокупное использование данных и соответствующей программы позволит определить основные экономические величины, рассчитываемые в рамках поставленных задач и целей. Согласно алгоритму расчета, применяемой методики [24], первоначально следует определить величину технологической себестоимости, которая является основой для дальнейших расчетов. Структура технологической себестоимости, по вариантам, представлена в виде диаграммы на рисунке 9.1.

Анализируя представленный рисунок, можно наблюдать уменьшающую тенденцию по затратам, входящим в технологическую себестоимость, что дает право сделать предварительное заключение об эффективности предложений. Однако, для вынесения окончательного вывода, необходимо еще провести ряд соответствующих расчетов.

Учитывая основные отличия проектируемого технологического процесса, определим размер необходимых инвестиций для внедрения. Согласно описанной методике расчета капитальных вложений [24], данная величина составила 3902052,1 руб., в состав которой входит весь перечень затрат, необходимый для осуществления совершенствования ТП.

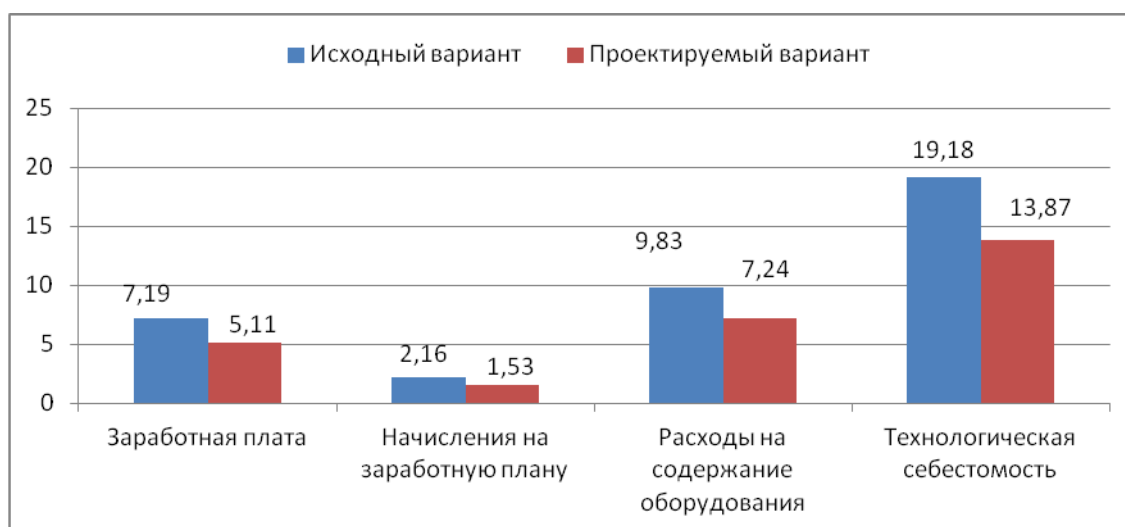


Рисунок 9.1 – Структура технологической себестоимости изготовления изделия, руб.

Далее выполним экономические расчеты по определению эффективности предложенных внедрений. Применяемая методика расчета [24], позволяет определить необходимые величины, такие как: чистая прибыль, срок окупаемости, общий дисконтируемый доход и интегральный экономический эффект. Анализ описанных значений позволит сделать обоснованное заключение о целесообразности внедрения. Все значения, полученные, при использовании описанной методики, представлены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Результаты показателей эффективности внедрения предложений

№	Наименование показателей	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей
1	Чистая прибыль	$P_{\text{чист}} \text{ руб.}$	1033600
2	Срок окупаемости инвестиций	$T_{\text{ок}} \text{ лет}$	5
3	Общий дисконтированный доход	$D_{\text{общ. диск.}} \text{ руб.}$	4474454,4
4	Интегральный экономический эффект	$E_{\text{инт}} = ЧДД, \text{ руб.}$	572402,32
5	Индекс доходности	$ID, \text{ руб.}$	1,15

При анализе представленных значений, особенно внимание необходимо уделять сроку окупаемости, величине чистого дисконтированного дохода и

индекса доходности. Все описанные параметры имеют значения, которые подтверждают эффективность внедрения описанного технологического проекта.

Получена положительная величина интегрального экономического эффекта – 572402,32 руб. Рассчитано значение срока окупаемости – 5 лет, который можно считать оптимальной величиной для машиностроительного предприятия. И наконец, индекс доходности (ИД), который составляет 1,15 руб./руб., что относится к рекомендуемому интервалу значений этого параметра.

Данные значение позволяют сделать окончательное заключение о том, что внедряемый проект можно считать эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте был разработан технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей фрезерного станка MECOF, выбран способ получения заготовки, рассчитаны режимы резания. Также была проведена модернизация продольно-фрезерного станка CS200 системы MECOF с числовым программным управлением с целью повышения производительности.

Продольно-фрезерный станок CS200 системы MECOF с числовым программным управлением принадлежит к тяжелым одностоечным продольно-фрезерным станкам с подвижной стойкой, в которых основные и вспомогательные движения передаются инструменту (фрезе). Это дает возможность обрабатывать крупногабаритные детали за одну установку, что позволяет значительно повысить точность обработки за счет значительного уменьшения погрешности базирования.

Для повышения производительности работы станка в дипломном проекте предлагается повысить скорость перемещения салазок за счет механизма изменения скорости салазок, который позволяет повысить скорость в 3,5 раза.

Были выполнены проектные и проверочные расчеты, расчеты на прочность и жесткость всех разрабатываемых узлов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Автоматизация процессов в машиностроении. Учебное пособие для вузов [Текст]. А.П. Белоусов, А.И. Дащенко, П.М. Полянский и др.; изд. М., «Высшая школа», 1973, 456 с.

2 Боровик, А.И. Проектирование технологической оснастки [Текст] / А.И. Боровик – К.: ИЗМН, 1996. – 136с.

3 Вардашкин, Б.Н. Станочные приспособления [Текст] / Б.Н. Вардашкин, А.А. Шатилов – М.: Машиностроение, 1984. – 656с.

4 Геллер, Ю.А. Материаловедение [Текст] / Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт – М.: Машиностроение, 1984. – 455с.

5 Гидравлика, гидромашины и гидроприводы [Текст] / учебник для машиностроительных ВУЗов / Т.М. Башта, С.С.Руднев, Б.Б. Некрасов – М: Машиностроение, 1982. – 423с.

6 Конвейеры справочник. [Текст]; Справочник/ Р.Л. Зенкова, А.Н. Гнутов, В.К. Дьячков, Ю.А. Пертен и др.; Под общей ред. Ю.А. Пертена. Изд.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1984, 367 с., с ил.

7 Металлорежущие станки (альбом общих видов, кинематических схем и узлов). [Текст] Кучер А.М., Киватицкий М.М., Покровский А.А. Изд-во «Машиностроение», 1972, стр. 308.

8 Общемашиностроительные нормативы режимов резания [Текст]: Справочник: В 2-х т. А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А. Батуев и др.: Т.1-М.: Машиностроение, 1991-640с.: ил.

9 Общемашиностроительные нормативы режимов резания [Текст]: Справочник: В 2-х т. А.Д. Локтев, И.Ф. Гуцин, В.А.Батуев и др.: Т.2-М.: Машиностроение, 1991-304с.:ил.

10 Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении [Текст]: Учеб. пособие /В.В. Бабук, А.И. Шкред, Г.П. Кривко, А.И. Медведев. Под ред. В.В. Бабука.-Мн.: Выш. Шк., 1978. 255с.:ил.

- 11 Родин, П.Р. Металлорежущие инструменты [Текст]: Учебник для вузов. -2-е изд., перераб. и доп.-Киев. Вища школа. Головное изд-во, 1979.-432с.
- 12 Механизация и автоматизация универсальных металлорежущих станков [Текст]. Малов А.Н. М., Машиностроение, 1969, стр.520.
- 13 Проектирование машиностроительных цехов [Текст]. Кричмар изд. 1976
- 14 Элементы гидропривода [Текст]; Справочник/ Е.И. Абрамов, К.А. Колесниченко, В.Т. Маслов. Изд. 2-е, перераб. и доп Киев, «Техника», 1977. 320с.
- 15 Справочник техника-конструктора [Текст] / Я.А. Самохвалов и др. – К.: Техника, 1978. – 592с.
- 16 Филонов, И.П. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] / И.П. Филонов – Минск, УП ТЕХНОПРИНТ, 2003. – 909с.
- 17 Кряжев, Д.Ю. Фрезерная обработка на станках с ЧПУ. Учеб. Пособие, версия 0.1. / Д.Ю. Кряжев. – С.-Петербург: Ирлен инжиниринг, 2005. – 41 с.
- 18 Кузнецов, Ю.М. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Маслов, А.Р., Байков, А.Н. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
- 19 Босинзон, М.А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация: учебник для нач. проф. образования / М.А. Босинзон; под. ред. Б.И.Черпакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 192 с.
- 20 Рыбалко, А.П. Новое направление в развитии систем ЧПУ на основе компьютеризованных электроприводов переменного тока / Рыбалко А.П. (г. Москва, Россия) // 11-я Международная научно-техническая конференция «Физические и компьютерные технологии». International scientific and technical conference. – Харьков, 2005.
- 21 Рыбалко, А.П. Система встроенной технологической диагностики для современных шлифовальных станков с ЧПУ / Рыбалко А.П., Ларшин В.П., (г. Москва, Россия, г. Одесса) // 11-я Международная научно-техническая

конференция «Физические и компьютерные технологии». International scientific and technical conference. Харьков, 2005.

22 Базров, Б.М. Концепция совершенствования системы допусков и посадок / Б.М. Базров // Справочник. Инженерный журнал. – 2002. – №2.

23 Адаптивное управление станками / Под ред. Б.С. Балакшина. – М.: Машиностроение, 1973. – 688 с.

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

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

26 Takata, S. 1989. A cutting simulation system for machinability evaluation using a workpiece model / S.Takata // Anals CIRP. – 1989. – 38(1). – p. 417–420.

27 Vafaesef, A. Accessibility analysis in 5- axis machining of sculptured surfaces / A. Vafaesef, H. Elmaraghy // In Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics & Automation. – 1998. – p. 2464–2469.

28 Combined physico-chemical treatment: synergetic aspects / A.I. Gordienko, M.L. Kheifetz, L.M. Kozhuro et al. - Minsk: Technoprint, 2004. – 200 p.

29 Golabczak, A. Selected problems of electrochemical and electrodischarge dressing of grinding wheels with metal bond / A. Golabczak // Proceeding of the ISEM XIII. – vol. II. –Bilbao. – 2001. – p. 851-868.

30 Schopf, M. New Method for Trueing and Dressing of Metal-Bonded Diamond Grinding Tools / M. Schopf, I. Beltrami, M. Boccadoro, D. Kramer // ECDM (Electro Chemical Discharge Machining) in Annals of the CIRP. – vol. 50/1. – 2001. – p. 125-128.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Паз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
	A1		17.БР.07.032.62	Приспособление для контроля		
				Детали		
	Б/ч	1	17.БР.07.032.62.001	Палец	1	
	Б/ч	2	17.БР.07.032.62.002	Палец	1	
	Б/ч	3	17.БР.07.032.62.003	Плита	1	
	Б/ч	4	17.БР.07.032.62.004	Каретка	1	
	Б/ч	5	17.БР.07.032.62.005	Упор	1	
	Б/ч	6	17.БР.07.032.62.006	Кривошип	1	
	Б/ч	7	17.БР.07.032.62.007	Палец	1	
	Б/ч	8	17.БР.07.032.62.008	Палец	1	
	Б/ч	9	17.БР.07.032.62.009	Втулка	2	
	Б/ч	10	17.БР.07.032.62.010	Салазки	1	
	Б/ч	11	17.БР.07.032.62.011	Шпонка	1	
	Б/ч	12	17.БР.07.032.62.012	Гайка	4	
	Б/ч	13	17.БР.07.032.62.013	Палец	1	
	Б/ч	14	17.БР.07.032.62.014	Ролик	1	
	Б/ч	15	17.БР.07.032.62.015	Рукоятка	1	
	Б/ч	16	17.БР.07.032.62.016	Головка	1	
	Б/ч	17	17.БР.07.032.62.017	Сухарь	1	
			17.БР.07.032.62			
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Разраб.	Новак И.П.		
			Проб.	Гуляев В.А.		
			И.контр.	Виткалов В.Г.		
			Утв.	Логинов Н.Ю.		
			Приспособление для контроля			Лит.
						Лист
						Листов
						ТГУ, ТМЗ-1101

Формат А4

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

[illegible]

