

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

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

Направление 15.03.01 «Машиностроение»

Профиль «Технология машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса
редуктора роторной косилки «ЗАРЯ»

Студент(ка)	С.В. Попов	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Д.Г. Левашкин	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	К.Ш. Нуров	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Н.В. Зубкова	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	В.Г. Виткалов	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент А.В. Бобровский _____
(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

Направление 15.03.01 «Машиностроение»

Профиль «Технология машиностроения»

Студент Попов Сергей Вячеславович гр. МСб-1203

1. Тема Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса редуктора роторной косилки «ЗАРЯ»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» ____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе _____ Базовый технологический процесс, режимы обработки, нормы времени.

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

Титульный лист.

Задание.

Аннотация.

Содержание.

Введение, цель работы

1) Анализ исходных данных

2) Технологическая часть работы

- 3) Проектирование приспособления
- 4) Проектирование режущего инструмента
- 5) Разработка технологических операций
- 6) Безопасность и экологичность технического объекта
- 7) Экономическая эффективность работы

Заключение.

Список используемой литературы.

Приложения: технологическая документация

5. Ориентировочный перечень графического материала (6-7 листов формата А1)

- | | |
|----------------------------|-----------|
| 1) Деталь | 0,5 – 1 |
| 2) Заготовка | 0,5 – 1,0 |
| 3) План обработки | 1,0 – 1,5 |
| 4) Технологические наладки | 1 – 2 |
| 6) Приспособление | 1 – 1,5 |
| 7) Режущий инструмент | 1 – 1,5 |
| 8) Презентация | 1 |

6. Консультанты по разделам

6) Безопасность и экологичность технического объекта Нуров К.Ш.

7) Экономическая эффективность работы Зубкова Н.В.

7. Дата выдачи задания «31» марта 2016 г.

Руководитель квалификационной работы	выпускной		
	_____	_____	_____
	(подпись)	(И.О. Фамилия)	
Задание принял к исполнению			
	_____	_____	_____
	(подпись)	(И.О. Фамилия)	

Аннотация

УДК 621.9

Совершенствование технологического процесса изготовления корпуса редуктора роторной косилки «ЗАРЯ». Дипломная квалификационная работа Попова С.В. – Тольятти, ТГУ, 2016.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы совершенствования технологического процесса изготовления корпуса редуктора роторной косилки «ЗАРЯ».

Цель выпускной квалификационной работы по технологии машиностроения – заключается в правильном применении теоретических знаний, полученных в процессе обучения, которые способствуют решению профессиональных технологических и конструкторских задач.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки, графическая часть содержит 7 чертежей формата А1.

Содержание

Введение.....	
1 Анализ исходных данных.....	
2 Технологическая часть.....	
2.1 Определение типа производства.....	
2.2 Анализ конструкций деталей на технологичность.....	
2.3 Анализ базового технологического процесса.....	
2.4 Выбор получения заготовки.....	
3 Проектирование приспособления.....	
3.1 Расчет силового привода.....	
4 Проектирование режущего инструмента.....	
5.Разработка технологических операций.....	
5.1 Расчет припусков и операционных размеров.....	
5.2 Расчет режимов резания.....	
6 Безопасность и экологичность технического объекта.....	
7 Экономическая эффективность работы.....	
Заключение.....	
Список используемой литературы.....	
Приложение.....	

Введение

Выпускная квалификационная работа нацелена на решение задачи по обеспечению выпуска детали «Корпус» заданного качества с минимальными затратами и наименьшей трудоемкостью изготовления посредством разработки оптимального технологического маршрута её механической обработки, опирающегося на современные достижения в области станкостроения.

Сопоставляются несколько вариантов технологического процесса обработки детали: в базовом технологическом процессе и в проектном технологическом процессе. Для объединения операции проектного технологического процесса конструируются и рассчитываются приспособления: установочное и контрольное, строятся наладки.

Косилки играют важную роль в сельскохозяйственной отрасли. Для облагораживания газона. В связи с этим детали для них должны быть качественные, но при этом доступные, и менее ресурсоемкие. Корпус редуктора является одной из самых важных деталей, так как он служит защитой и основой для механизма.

1. Анализ исходных данных

Деталь «Корпус» предназначена, для поддержания расположенных на нем деталей и восприятия действующих на них сил в корпусном механизме.

Недостатки базового техпроцесса:

- большая трудоемкость детали, следовательно, высокая технологическая себестоимость изделия.
- малая концентрация операции, следовательно, большое вспомогательное время.
- требуется большая трудоемкость рабочих, для установки детали в приспособление, так как установка производится вручную.
- используется специальный режущий инструмент, что увеличивает затраты на его разработку и изготовление.

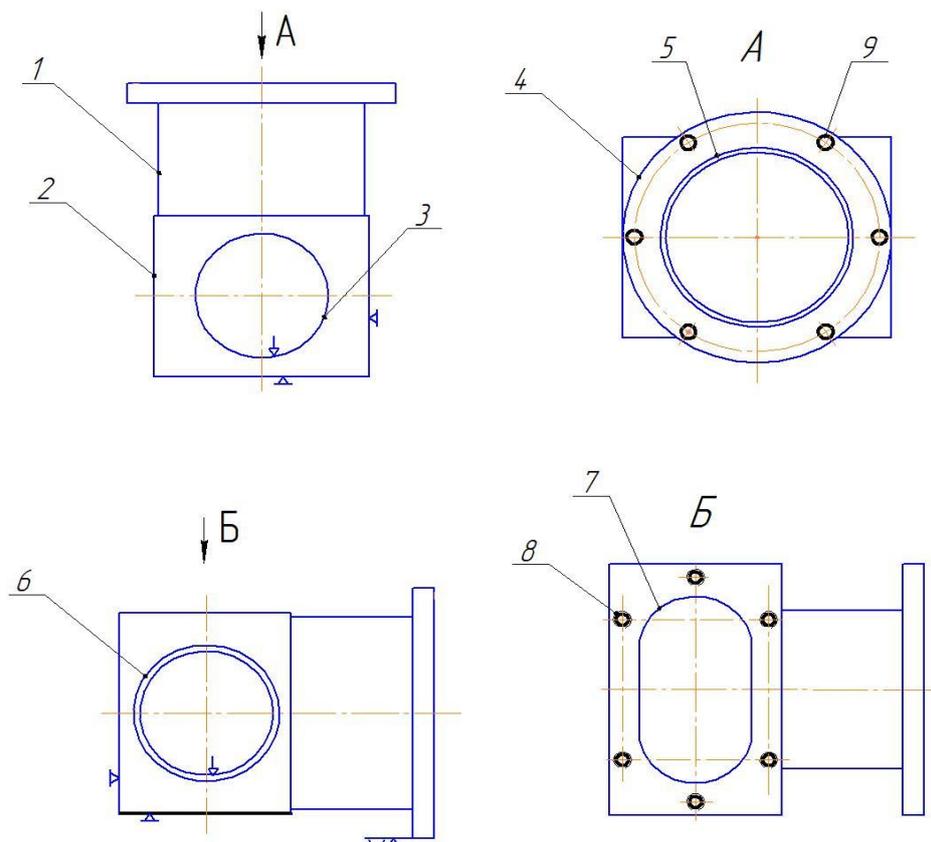


Рисунок 1.1 – эскиз детали

Классификация поверхностей представлена в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Классификация поверхностей

Вид поверхностей	Номер поверхностей
Исполнительные	8,9
ОКБ	7,4,3
ВКБ	5,6
Свободные	Остальные

2 Технологическая часть работы

2.1 Определение типа производства

На данном этапе мы, на основе массы детали и её годовой программы, определим тип производства. В соответствии с ГОСТ 31121-84 тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций (2.1).

$$K_{zo} = \frac{O}{P}, \quad (2.1)$$

где O - суммарное число различных операций, выполняемых на производственном участке; P - суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Тип производства можно рассчитать следующим образом:

Определяется расчетное количество станков, необходимых для выполнения каждой станочной операции (2.2):

$$C_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_o \cdot k_e}, \quad (2.2)$$

где N — объем годового выпуска деталей, оговоренный в задании на проектирование, шт.;

$t_{шт-к}$ — штучно-калькуляционное время i -й операции, мин (при расчете по формуле (2.2) в качестве $t_{шт-к}$ следует использовать штучно-калькуляционное

базового технологического процесса, скорректированное путем уменьшения на 10.

Корректировка производится с учетом последующего усовершенствования базового технологического процесса и некоторого сокращения трудоемкости изготовления детали); F_0 — эффективный годовой фонд времени работы станка;

K_v — средний коэффициент выполнения норм времени. При обработке на станках с ручным управлением $K_v=1,2$; при обработке на станках с ЧПУ

$K_v=1,0$.

Определяется принятое количество оборудования на каждой станочной операции (S_i , для чего расчетное количество станков C_{pi} округляется увеличением до целых значений).

Рассчитывается коэффициент загрузки каждого рабочего места (2.3):

$$n_{zi} = \frac{C_{pi}}{S_i}, \quad (2.3)$$

Определяется число операций, закрепленных за одним рабочим местом (2.4.)

$$O_{pmi} = \frac{0.75}{n_{zi}}, \quad (2.4)$$

Рассчитывается величина коэффициента закрепления операций (2.5):

$$K_{zo} = \frac{O}{P}, \quad (2.5)$$

Для приближенного определения типа производства рекомендуется использовать таблицу 2.1. Так как масса детали $m=3,68$ кг и объем годового выпуска деталей $N=6000$, получим тип производства - среднесерийный

Определим объем партии запуска деталей (2.6):

$$n = \frac{N}{K}, \quad (2.6)$$

где $K=12$ -число запусков в год при среднесерийном производстве

$$n = \frac{6000}{12} = 500$$

Результаты определение типа производства расчетным путем сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет типа производства

№ операции	Наименование операции	Станок, оборудование	Тш-к, мин.	Fo	Kв	Cpi	Si	nzi	Орmi
005	Фрезерная	BM127	2,2	4060	1,2	0,045	1	0,045	16,66
010	Фрезерная с ЧПУ	ГФ2171Ф3	4,62	3980	1	0,11	1	0,11	6,8
015	Фрезерная с ЧПУ	ГФ2171Ф3	4,95	3980	1	0,12	1	0,12	6,25
020	Сверлильная	2A554	2,34	4060	1,2	0,048	1	0,048	15,62
025	Сверлильная	2A554	2,2	4060	1,2	0,045	1	0,045	16,6
045	Сверлильная	2A554	3,96	4060	1,2	0,08	1	0,08	9,37
									71,3
N= 6000									
Pi= 6		Kzo= 11,8							

Расчеты показали, что тип производства данной детали- среднесерийный.

2.2 Анализ конструкций деталей на технологичность

Количественная оценка технологичности

На первоначальной стадии при анализе служебного назначения детали и оценке ее технологичности необходимо использовать показатели, такие, как коэффициенты использования материала ($K_{им}$), точности обработки ($K_{тч}$), шероховатости поверхности ($K_{ш}$) [18].

Коэффициент использования материала (2.7):

$$K_{им} = \frac{M_o}{M_z}, \quad (2.7)$$

$$K_{им} = 3,68/4,65 = 0.79$$

M_d - масса детали

M_z - масса заготовки

Коэффициент точности обработки $K_{тч}$ (2.8):

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} = 0,64, \quad (2.8)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности обработки детали по всем поверхностям.

Коэффициент шероховатости поверхности $K_{ш}$. (2.9):

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}} = 0,59, \quad (2.9)$$

где $B_{ср}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости всех поверхностей детали

В таблице 2.2. представлен анализ рабочего чертежа детали.

Таблица 2.2 – Анализ рабочего чертежа детали

Наименование поверхностей	Кол-во поверхностей	Квалитет точности	Параметр шероховатости, мкм
Размеры:			
100-0,87	1	12	3,2
125-0,4	1	12	3,2
146,5-1	1	12	3,2
Отверстие $\varnothing 86H14$	1	14	12,5
Отверстие $\varnothing 66H14$	2	14	12,5
Отверстие $\varnothing 85H7$	1	7	1,6
Отверстие $\varnothing 65H7$	2	7	1,6
Фаски	12	14	12,5
Отверстие M10x1-6H	8	6	3,2
Отверстие M6-6H	6	6	3,2
Отверстие $\varnothing 7^{+0,35}$	6	14	12,5
Итого	41	118	69,2

Сравнивая полученные результаты с нормативными ($K_{тч} > 0,8$, $K_{ш} < 0,32$) можно сказать, что деталь по показателям точности обработки и шероховатости поверхности не технологична.

2.3 Анализ базового технологического процесса

Технологические базы выбраны правильно, поскольку соблюдался принцип совмещения и постоянства баз.

Однако в базовом технологическом процессе применяется устаревшее оборудование, специальный режущий инструмент, установка детали в приспособление, в связи с этим требуется большая трудоемкость рабочих. Применение стандартизованных конструкций режущего инструмента, современного оборудования, позволит увеличить скорости обработки, уменьшить t_0 и $t_{\text{в}}$. Повысить степень концентрации операций позволит применение современного оборудования.

Базовый технологический процесс приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Базовый процесс

№ операции	Наименование	Оборудование
005	Вертикально- фрезерная	Вертикально-фрезерный ВМ127
010	Вертикально- фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ ГФ2171Ф3
015	Вертикально- фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ ГФ2171Ф3
020	Вертикально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2А554
025	Вертикально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2А554
030	Вертикально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2А554
030	Слесарная	Верстак
035	Моечная	Моечная машина
040	Контрольная	Стол контрольный

2.4 Выбор получения заготовки

Учитывая тип производства – среднесерийный, необходимо рассчитать способ получения заготовки.

Литье корпуса производится из стали 35Л. Годовой объем выпуска $N=6000$ шт. Масса детали $m=3,68$ кг.

Анализ стали 35Л.

а) Химический состав

$C= 0,3-0,4\%$; $Si= 0,2- 0,42\%$; $Mn= 0,4-0,9\%$; $P= 0,04\%$; $S= 0,045\%$

б) Основные механические характеристики

$\sigma_{\text{в}}= 500$ Мпа ; $\sigma_{\text{т}}= 300$ Мпа; $\Psi= 0,25\%$; $a=0,3$ Мпа; $HB < 217$

1. Анализ технологичности конструкции детали.

Деталь средних размеров, по массе относится к отливкам 1 весовой группы. По форме она достаточно проста.

2. Выбор способа изготовления заготовки

Тип производства - среднесерийный. На основании материала отливки, ее массы, типа производства и минимальной толщины стенки выбираем вариант способа литья. В данном случае наиболее рациональным является литье в песчано-глинистые формы, так как помимо названных факторов на выбор способа влияют невысокие требования, предъявляемые к детали по точности и шероховатости поверхности.

3. Положение отливки в форме - горизонтальное.

4. Выбор шероховатости поверхности.

Наибольший габаритный размер - 196 мм. Степень точности поверхности отливки – 15. Шероховатость поверхности – $Rz= 200$ мкм.

5. Класс точности размеров- 9.Ряд припусков – 3.

Сводный расчетный размер заготовки представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Сводный расчетный размер заготовки

Размер по чертежу детали	Припуск, мм	Допуск, мм	Размер заготовки, мм
146,5	2	2,4	148 ± 2,4
125	4	2,4	129 ± 2,4
100	2	2,4	102 ± 2,4
Ø85	2,8	2,2	Ø87.8 ± 2,4
Ø65	2,8	2,2	Ø67.8 ± 2,4

6. Расчет стоимости заготовки.

Стоимость заготовки рассчитываем по методическим указаниям при оформлении технологической документации [3] (2.10):

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot M_3 \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi} \right) - (M_3 - M_d) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (2.10)$$

где C_i - базовая стоимость одной тонны заготовок,

$$C_i = 360 \text{ р.}$$

$K_T, K_c, K_B, K_M, K_{\Pi}$ - коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства.

M_3 и M_d - масса детали и заготовки соответственно, кг.

$S_{\text{отх}}$ – заготовительная цена на стружку, р.

$$S_{\text{заг}} = (360/1000 * 4,6 * 1,05 * 1 * 0,95 * 1,22 * 0,91) - (4,6 - 3,68) * 28,1/1000 = 1,8 \text{ р}$$

(2.11):

$$S_{\text{заг}} = k * S_{\text{заг}}, \quad (2.11)$$

где k - коэффициент учитывающий инфляцию, $k = 100$

$$S_{\text{заг}} = 180 \text{ р.}$$

Расчет получения заготовки способом литья в металлическую форму

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot M_3 \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi} \right) - (M_3 - M_d) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000},$$

где C_i - базовая стоимость одной тонны заготовок;

$$C_i = 360 \text{ р.}$$

K_t, K_c, K_v, K_m, K_p - коэффициенты, зависящие соответственно от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства.

M_z и M_d - масса детали и заготовки соответственно, кг.

$S_{отх}$ – заготовительная цена на стружку, р.

$$S_{заг} = (360/1000 * 4,6 * 1,1 * 0,7 * 0,93 * 1,93 * 0,91) - (4,6 - 3,68) * 28,1/1000 = 2,05 \text{ р.}$$

$$S_{заг} = k * S_{заг}, \quad (2.12)$$

где k - коэффициент учитывающий инфляцию, $k=100$

$$S_{заг} = 205 \text{ р.}$$

Таким образом, можно сделать вывод, что получение заготовки с помощью литья именно в песчаную форму экономичнее и выгоднее, чем литье в металлическую форму.

3. Проектирование приспособления

В условиях групповой обработки заготовок в серийном производстве, с целью повышения эффективности и производительности обработки применяют СНП.

Приспособление спроектировано на комбинированную операцию. Деталь базируется на призму с упором в торец. Также присутствуют силовые зажимы, которые в свою очередь фиксируют заготовку по верхней поверхности и 2-м боковым отверстиям.

Первоначально для силового закрепления по верхнему фланцу используются жесткие опоры, что впоследствии может привести к возможному перекосу детали. Таким образом, необходимо вычислить силу зажима, которая обеспечивает надежное закрепление заготовки и не допускает сдвиг, поворот или вибрацию заготовки при обработке.

Расчетная схема силы зажима представлена на рисунке 3.1.

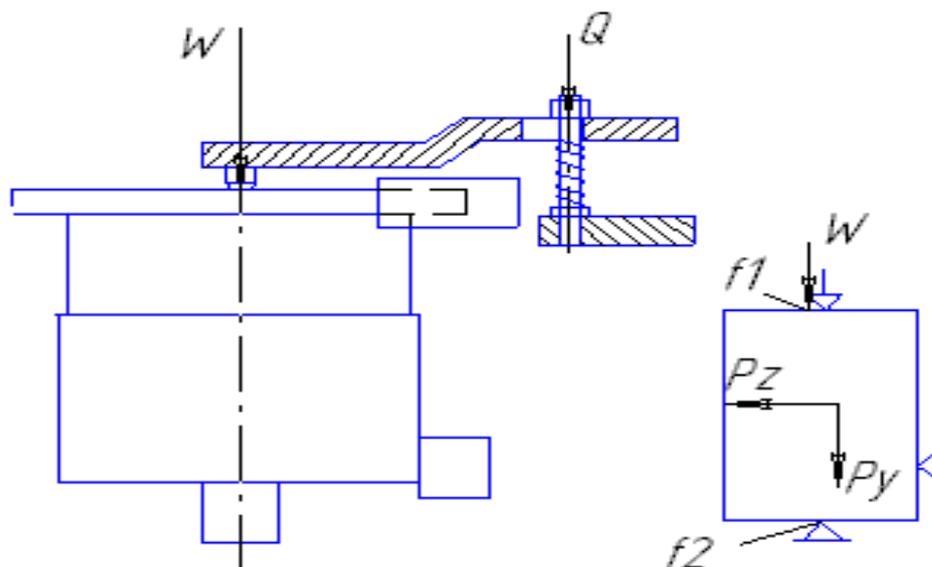


Рисунок 3.1 – Расчетная схема силы зажима

Рассчитаем силу зажима из условия отсутствия сдвига (3.1):

$$W = 0,5 \cdot P_y + \frac{K \cdot P_z}{(f_1 + f_2)}, \quad (3.1)$$

где W - сила зажима, кгс

P_y - сила резания , прижимающая заготовку к опорам, кгс

P_z - сила резания, стремящаяся сдвинуть заготовку в боковом направлении, кгс

f_1, f_2 - коэффициенты трения, $f_1 = f_2 = 0,1$

K - коэффициент запаса для обеспечения надежности закрепления заготовки (3.2):

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5, \quad (3.2)$$

где $K_0 = 1,5$ - коэффициент гарантированного запаса;

$K_1 = 1.15$ - коэффициент, характеризующий увеличение сил резания вследствие затупления инструмента;

$K_2 = 1.2$ – коэффициент, учитывающий изменение величины припуска заготовки;

$K_3 = 1$ – коэффициент, учитывающий изменение сил закрепления в зависимости от типа зажимного устройства;

$K_4 = 1$ – коэффициент, учитывающий эргономичность;

$K_5=1,5$ – коэффициент, учитывающий проворачивающие моменты.

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,105$$

Поскольку на фрезерном переходе по полученным расчетам получаются самые большие режимы резания, следовательно, максимальная сила зажима потребуется при фрезеровании. Ее и рассчитаем.

$$W = 0,5 \cdot 90,5 + \frac{3,1 \cdot 260}{(0,1 + 0,1)} = 4075 \text{ кгс} = 39962 \text{ Н}$$

Рассчитаем винтовой механизм (3.3):

$$W = Q \cdot \frac{l}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.3)$$

r_{cp} - средний радиус резьбы, мм; $r_{cp} = 8$ мм

l - длина рукоятки, мм ; $l = 200$ мм

α - угол подъема резьбы (3.4)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi r_{cp}}, \quad (3.4)$$

где S - шаг резьбы, мм; $S = 1,75$

$\operatorname{tg} \alpha = 0,03$

Выбираем длину рукоятки l и силу Q по номинальному диаметру резьбы.

$$W = 10 \cdot \frac{190}{8 \cdot 0,03} = 7916 \text{ кгс} = 77629,4 \text{ Н}$$

3.1. Расчет силового привода

Расчет силового привода производится по следующей формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{P}} = 1,13 \sqrt{\frac{39962}{2,5}} = 82,5 \text{ мм}$$

Необходимо округлить до стандартного ряда, т.е. $D = 80$ мм

В данном случае так же необходимо принять гидравлический привод.

Ход поршня цилиндра (3.5):

$$S_Q = S_w / i_n, \quad (3.5)$$

S_w - свободный ход кулачков, который можно принять 12,5 мм.

$i_n=1/i_c$ - передаточное отношение зажимного механизма по перемещению.

$$SQ = 12,5 \cdot 2 = 25 \text{ мм}$$

Диаметр штока рассчитываем по формуле:

$$d_{um} = 0,29D$$

$$d_{um} = 0,29 \cdot 140 = 23,2 \text{ мм}$$

По стандартному ряду выбираем $d_{um} = 25 \text{ мм}$

Ответ: $D=80 \text{ мм}$

4. Проектирование режущего инструмента

Данные по проектированию режущего инструмента представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – проектирование режущего инструмента

Размеры заготовки		Припуск h, мм	Параметр шероховатости, мкм	Обрабатываемый материал		
L, мм	B, мм			марка	Прочность σ_B , МПа	Твердость НВ
195	150	6	Rz200	Сталь 35л	500	217

Проектирование режущего инструмента осуществлялось последовательно и по определенной системе.

1. В первую очередь определялся номинальный наружный диаметр фрезы D и диаметр посадочного отверстия d .

Наружный диаметр фрезы $D = (1,2 \dots 1,5) \cdot B$,

где B – ширина обрабатываемой поверхности, мм (4.1):

$$D = 1,2 \cdot 150 = 180 \text{ мм}, \quad (4.1)$$

Необходимо округлить полученное значение наружного диаметра D до ближайшего из стандартного ряда, затем выбрать посадочный диаметр d .

Принимаем: $D=200$ мм;

$d=50$ мм;

число зубьев $Z=10$.

2. Затем устанавливалось число зубьев Z по формуле (4.2):

$$Z = K_Z \cdot D = 0,05 \cdot 200 = 10, \quad (4.2)$$

где $K_Z = 0,04 \dots 0,06$ – для обработки сталей, $K_Z = 0,05$.

$$Z = 0,05 \cdot 200 \approx 10.$$

Округлялось значение Z до четного числа и сравнивалось с табличным.

Выбранное число зубьев Z проверялось по условию равномерности фрезерования (симметричного) (4.3):

$$Z = 360 \cdot \xi / \psi, \quad (4.3)$$

где $\xi \geq 2$ – коэффициент равномерности фрезерования – 3;

ψ - угол контакта фрезы с заготовкой.

$$\psi = 2 \arcsin \frac{\frac{B}{Z}}{2}, \quad (4.4)$$

$$\psi = 2 \arcsin \frac{\frac{150}{2}}{\frac{200}{2}} = 97.$$

$$Z = \frac{360 \cdot 3}{97} = 11,13.$$

3. Далее выбиралась марка твердого сплава пластины, подачу на зуб S_z и скорость резания V .

Осуществили выбор марки твердого сплава пластины – Т5К10;

Подача на зуб $S_z = 0,1$ мм/зуб;

Скорость резания $V = 120$ мм/мин.

4. Последовательно осуществлялось определение мощности резания, частоту вращения шпинделя станка и минутную подачу (4.5):

4.1 Эффективная мощность резания, кВт,

$$N_{\text{э}} = E \cdot V \cdot t \cdot Z \cdot K_M / 1000, \quad (4.5)$$

где E – величина, учитывающая влияние подачи и соотношение D/B – 1,4;

t - глубина резания (припуск на обработку) - 6;

K_M - коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала – 1,3.

$$N_{\text{э}} = \frac{1,4 \cdot 120 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 1,3}{1000} = 13,104 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения фрезерного станка (4.6):

$$N_p = \frac{1,15 \cdot N_{\text{э}}}{K \cdot \eta}, \quad (4.6)$$

где $K = 1,3 \dots 1,5$ – коэффициент, допускающий кратковременную перегрузку станка;

η - КПД станка-0,75.

$$N_p = \frac{1,15 \cdot 13,104}{1,4 \cdot 0,75} = 14,352.$$

4.2 Определить фактическое требуемое число оборотов n_Φ (частоту вращения) шпинделя, мин^{-1} (4.7):

$$n_\Phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 200} = 191 \text{ об/мин}^{-1}, \quad (4.7)$$

4.3 Рассчитать фактическую минутную подачу $S_{\text{МИН}}$ (4.8):

$$S_{\text{МИН}} = S_Z \cdot Z \cdot n_\Phi = 0,1 \cdot 10 \cdot 191 = 191 \text{ мм/мин.}, \quad (4.8)$$

5. Модель фрезерного станка определялось в зависимости от N_p и установки номера конуса его шпинделя (7:24).

Выбираем модель фрезерного станка - вертикально фрезерный станок 6560, $N_{\text{СТ}}$ - 15,0, с номером конуса шпинделя -50 (7:24).

Сопоставить расчетные значения N_p , n_Φ с характеристиками станка $n_{\text{СТ}}, n_{\text{max}}$.

$$N_p \leq N_{\text{СТ}}; n_\Phi \leq n_{\text{max}}$$

$$14 \leq 15; 191 \leq 1250$$

6. Выбор осуществлялся в зависимости от обрабатываемого материала, рекомендуемые значения главного угла в плане $\varphi_{\text{табл}}$ и вспомогательного угла в плане φ_1 табл представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Значение главного и вспомогательного угла

Обрабатываемый материал		α° и α_1°		λ°	φ°	φ_1°	γ°
		S_Z $\leq 0,25$	S_Z $> 0,25$				
сталь	$\sigma_B = 500 \leq 800 \text{ МПа}$	12-16	6-8	2-15	5-60		5-5

Принимаем главный угол в плане $\varphi_{\text{табл}} = 60^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_{1\text{ табл}} = 5^\circ$.

7. Определялось число граней пластины по формуле (4.9):

$$n = \frac{360}{\varphi_{\text{табл}} + \varphi_{1\text{ табл}}} = \frac{360}{(60+5)} = 5, \quad (4.9)$$

В торцевой фрезе общего назначения примем круглые пластины для распределения нагрузки на пластины.

8. Определялись угловые параметры опорной плоскости пластины в корпусе фрезы:

углы наклона опорной пластины в нормальной и главной секущей плоскостях определялись по следующим формулам (4.10), (4.11):

$$\mu_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}} - \arctg\left(\frac{\text{tg}\alpha}{\cos\lambda}\right) = 0 - \arctg\left(\frac{\text{tg}14}{\cos 12}\right) = 0 - \arctg\left(\frac{0,249}{0,978}\right) \approx -15^\circ; \quad (4.10)$$

$$\text{tg}\mu = \left(\frac{\text{tg}\mu_{\text{н}}}{\cos\lambda}\right) = \left(\frac{\text{tg}(-15)}{\cos 12}\right) = \left(\frac{\text{tg}(-15)}{\cos 12}\right) = \left(\frac{-0,249}{0,978}\right) = -0,254; \quad (4.11)$$

осевой и торцевой углы опорной плоскости определялись по следующим формулам (4.12), (4.13):

$$\text{tg}\mu_{\text{х}} = \text{tg}\mu \cos\varphi - \text{tg}\lambda \sin\varphi = -0,274 \cdot 0,573 - 0,212 \cdot 0,819 = -0,331; \quad (4.12)$$

$$\text{tg}\mu_{\text{т}} = \text{tg}\mu \sin\varphi - \text{tg}\lambda \cos\varphi = -0,274 \cdot 0,819 - 0,212 \cdot 0,573 = -0,101; \quad (4.13)$$

угол наклона опорной плоскости ω определялись по следующей формуле (4.14):

$$\text{tg}\omega = \text{tg}\mu_{\text{х}} - \cos\mu_{\text{т}} = -0,331 \cdot 1 = -0,331, \quad (4.14)$$

9. Далее рассчитывался передний угол γ по следующей формуле (4.15):

$$\text{tg}\gamma = \frac{\text{tg}(\mu_{\text{н}} + \gamma_{\text{н}})}{\cos\lambda} = \frac{\text{tg}(-15+20)}{\cos 12} = 0,089, \quad (4.15)$$

10. Осуществили расчет вспомогательного заднего угла α_1 : инструментальный главный $\varphi_{\text{н}}$ и вспомогательный $\varphi_{1\text{н}}$ и углы в плане,

необходимые для изготовления гнезда под пластину в опорной плоскости определялся по формулам (4.16), (4.17):

$$\sin\varphi_{И} = \frac{\sin\varphi \cdot \cos\lambda}{\cos\omega}; \quad (4.16)$$

$$\sin\varphi_{И} = \frac{\sin 67 \cdot \cos 12}{\cos \omega} = \frac{0,92 \cdot 0,978}{0,95} = 0,948;$$

$$\varphi_{1И} = 180^\circ - \varphi_{И} - \varepsilon = 180 - 67 - 108 = 5^\circ; \quad (4.17)$$

- точное значение вспомогательного угла в плане φ_1 определялось по формуле (4.18):

$$tg\varphi_{1И} = \frac{tg\varphi_{1И} \cdot \cos\omega}{\cos\mu_t} = \frac{tg 5 \cdot 0,95}{1} = 0,083; \quad (4.18)$$

- угол наклона вспомогательной режущей кромки λ_1 определялись по формулам (4.19), (4.20):

$$tg\lambda_1 = tg\mu_x \cdot \sin\varphi_1 - tg\mu_t \cdot \cos\varphi_1; \quad (4.19)$$

$$tg\lambda_1 = -0,331 \cdot \sin 5 - (-0,101) \cdot \cos 5 = 0,0718; \quad (4.20)$$

Сравнительные вычисления значения γ и α_1 представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Сравнительные вычисления значения γ и α_1

Угол	Табличное значение	Расчетное значение
γ	-5-5°	5°
α_1	15°	17°

11. Осуществлялась разработка конструкции крепления пластины в корпусе фрезы.

12. Определялось смещение опорной поверхности S державки (кассеты) в корпусе фрезы:

$$S = E + E_1 = -10 + 23,5 = 13,5. \quad (4.21)$$

$$\text{где } E = 0,5D \cdot \sin\mu_t = 0,5 \cdot 200 \cdot (-0,1) = -10; \quad (4.22)$$

$E_1 = H = 23,5$ – при вертикальном расположении державки;

H - расстояние от опорной поверхности державки до вершины режущего элемента;

L – вылет державки.

13. Осуществлялся выбор способа крепления фрезы на шпинделе станка.

Присоединительные размеры фрез, закрепляемых на фрезерных оправках, а также на концах шпинделей выбираем по ГОСТу 24359-80 фрезы торцевые насадные со вставными ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры.

Фрезы с $D \leq 200$ мм, основные размеры корпусов которых, приведены в таблице 4.4, закрепляются на шпинделе с помощью концевых оправок с хвостовиком конусностью 7:24 для насадных торцевых фрез.

Таблица 4.4 – Основные размеры корпусов

D(J _S 16)	D (H7)	d ₁	d ₃	B (H11)	l ₁	H (±0,15)
200	50	62	130	18,4	32	63

5. Разработка технологических операций

Выбор станка на операцию определялся возможностью изготовления на нем деталей необходимой конфигурации и размеров, а также обеспечения качества ее поверхности. В таблице 5.1 представлен маршрутный техпроцесс.

Таблица 5.1 – Маршрутный техпроцесс

00	Заготовительная	Литье
05	Комбинированная с ЧПУ	Обрабатывающий центр IP500ПМФ4
10	Промывочная	Моечная машина
15	Комбинированная с ЧПУ	Обрабатывающий центр IP500ПМФ4
20	Слесарная	Верстак
25	Промывочная	Моечная машина
30	Контрольная	Стол контрольный

На первой комбинированной операции подготавливается база для обработки на второй комбинированной операции. Фрезеруется поверхность, сверлятся 6 отверстий, нарезается на них резьба. Также идет обработка 2-х

установочных отверстий, для последующего базирования на 2 пальца и плоскость.

На второй комбинированной операции происходит окончательная обработка детали. Обрабатываются 3 оставшиеся стороны детали. Также фрезеруются поверхности, растачиваются точные отверстия и обрабатывается ряд крепежных отверстий.

Слесарная операция является завершающей операцией механической обработки, на ней снимаются все заусенцы и дефекты. На моечной операции деталь промывается от стружки. Контрольная операция проверяет соответствие полученных размеров заданным конструкторским чертежом.

5.1 Расчет припусков и операционных размеров

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Припуск на сторону при последовательной обработке плоскостей определялся по формуле (5.1):

$$Z_{i\min} = R_{Z_{i-1}} + R_{T_{i-1}} + e_{i-1} + E_y, \quad (5.1)$$

Припуск на две стороны при параллельной обработке противоположащих плоскостей определялся по формуле (5.2):

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + R_{T_{i-1}} + e_{i-1} + E_y), \quad (5.2)$$

Припуск на диаметр при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения определялся по формуле (5.3):

$$2Z_{i\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + R_{T_{i-1}} + \sqrt{e_{i-1}^2 + E_y^2}), \quad (5.3)$$

$R_{Z_{i-1}}$ - Высота неровностей профиля

$R_{T_{i-1}}$ - Глубина дефектного слоя

e_{i-1} - Суммарное значение пространственных отклонений

E_y - Погрешность установки

Максимальный припуск на обработку определялись по следующим формулам (5.4), (5.5):

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + T_{i-1} - T_i, \quad (5.4)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + T_{i-1} - T_i, \quad (5.5)$$

Номинальный припуск на обработку определялись по формулам (5.6), (5.7):

$$Z_i = Z_{i\min} + T_{i-1} - T_i, \quad (5.6)$$

$$2Z_i = 2Z_{i\min} + T_{i-1} - T_i, \quad \text{где} \quad (5.7)$$

$Z_{i\min}$ - минимальный припуск

T_i - допуск на переход

Операционные размеры определялись по формулам (5.8), (5.9):

При обработке отверстия

$$A_i = A_{i-1} + Z_{i+1}, \quad (5.8)$$

При обработке наружной поверхности:

$$A_i = A_{i+1} - Z_{i+1}, \quad (5.9)$$

Определение составляющих припуска:

R_{Zi-1} и R_{Ti-1} - определяются по таблицам экономической точности

Суммарное значение пространственных отклонений для отверстия определялись по формуле (5.10):

$$e = \sqrt{e_{см}^2 + e_{экс}^2}, \quad (5.10)$$

Для наружной поверхности (5.11), (5.12), (5.13):

$$e = \sqrt{e_{см}^2 + e_{кр}^2}, \quad (5.11)$$

$$e_{черн} = 0,06 * e_{заг}, \quad (5.12)$$

$$e_{чист} = 0,04 * e_{черн}, \quad (5.13)$$

где $e_{см}$ и $e_{экс}$ определяются по формуле (5.14):

$e_{кр}$ –общая кривизна

$$e_{кр} = 0,5 * e_0 * D, \quad (5.14)$$

e_0 – удельная кривизна 6 мкм/мм

D –диаметр

После термообработки $e_0 = 0,8$ мкм/мм

Погрешность установки определялось по формуле (5.15):

$$E_y = \sqrt{E_б^2 + E_з^2 + E_n^2}, \quad (5.15)$$

где $E_б$ - погрешность базирования

$E_з$ - погрешность закрепления

E_n - погрешность выверки приспособления

Результаты расчета припусков и предельных размеров по технологическим переходам представлены в таблице 5.2 – 5.3.

Таблица 5.2 – Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам

Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам											
Технологические переходы обработки поверхности 125(-0.4)	Элементы припуска, мкм				Расчётный припуск 2Zmin, мкм	Расчёт ный размер Dp,мм	Допуск б, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения, мкм	
	Rz	Rt	e	Ey				Dmax	Dmin	2Zпр. min	2Zпр.ма x
Заготовка	200	300	760			127,92	1800	127,90	126,10		
Фрезерование однократное	50	50	38	130	2780	125,14	600	125,10	124,50	2800	1600
Фрезерование однократное	50	50	3	130	536	124,60	400	124,60	124,20	500	300
								Сумма:		3300	1900
Проверка: Bmax-Bmin-(S(2Zmax)- S(2Zmin))=			0								

Таблица 5.3 – Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам

Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам										
Технологические переходы обработки поверхности D85H7(+0.035)	Элементы припуска, мкм				Расчётный припуск 2Zmin, мкм	Расчётный размер Dp,мм	Допуск б, мкм	Предельный размер, мм		
	Rz	Rt	e	Ey				Dmax	Dmin	
Заготовка	200	300	760			81,703	1800	81,70	79,90	
Растачивание черновое	50	50	38	110	2740	84,443	240	84,44	84,20	
Растачивание чистовое	20	25	3	110	496	84,939	90	84,94	84,85	
Растачивание тонкое	3	0	0	0	96	85,035	35	85,04	85,00	
Проверка: $B_{max} - B_{min} - S(2Z_{max}) + S(2Z_{min}) =$										1765

Технологические переходы обработки поверхности D65H7(+0.03)	Элементы припуска, мкм				Расчётный припуск 2Zmin, мкм	Расчётный размер Dp, мм	Допуск б, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения, мм	
	Rz	Rt	e	Ey				Dmax	Dmin	2Zпр.min	2Zпр.max
Заготовка	200	300	760			61,698	1800	61,70	59,90		
Растачивание черновое	50	50	38	110	2740	64,438	240	64,44	64,20	2740	4300
Растачивание чистовое	20	25	3	110	496	64,934	90	64,93	64,84	490	640
Растачивание тонкое	3	0	0	0	96	65,030	30	65,03	65,00	100	160
									Сумма:	3330	5100
S(2Zmax)+S(2Zmin)=			0								

5.2 Расчет режимов резания

Существенное влияние на точность и качество обрабатываемой поверхности, производительности и стоимости обработки оказывает режим резания.

Все операции выполняются на обрабатывающем центре ИР500ПМФ4.

Рассмотрим подробно пример расчета режимов резания отдельных переходов в связи использованием на данной операции приспособление, параметры резания остальных переходов сведем в таблицу.

Операция 005 Комбинированная

Выбор технологических баз

Выбор технологических баз имеет первостепенное значение при проектировании технологических процессов. При выборе баз учитывается класс детали, вид операции, точность и другие факторы.

В 005 комбинированной операции деталь устанавливается в специальное приспособление. Технологическими базами являются необработанные поверхности: нижняя и боковая поверхности детали, отверстие и фланец.

Они обеспечивают обработку верхней поверхности детали, ряда отверстий на данной поверхности, а также обработку 2-х установочных отверстий с необходимыми параметрами шероховатости, с заданными допустимыми отклонениями размеров, геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Они обеспечивают надёжное закрепление заготовки.

Переход 1

Фрезеровать поверхность

Режущий инструмент: Фреза торцевая $\varnothing 80$ T15K6 ГОСТ22086-76

Диаметр фрезы: $D := 80$ мм.

Глубина фрезерования: $t := 2$ мм

Ширина фрезерования: $B := 80$ мм

Подача на зуб: $S_z := 0.2$ мм на зуб

Число зубьев: $z := 8$

Скорость резания рассчитывается по эмпирической формуле, где

T - среднее значение стойкости, $T := 50$ мм

C_v - коэффициент, $C_v := 332$

x, y, m, q, u, p - показатели степени,

$x := 0.1$ $y := 0.4$ $m := 0.2$ $q := 0.2$ $p := 0$ $u := 0.2$

K_v -общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Является произведением 3-х коэффициентов.

K_{mv} -коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала который определяется по формуле (5.16):

$K_r := 1$ $n_v := 1$ $\sigma_v := 500$ МПа

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{n_v}, \quad (5.16)$$

$K_{mv} = 1.5$

K_{nv} -коэффициент, учитывающий состояние поверхности,
 $K_{nv} := 0.85$

K_{uv} -коэффициент, учитывающий материала инструмента, $K_{uv} := 1$

$K_v := K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$

$K_v = 1.275$

$$V := \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p}$$

$V = 343.826$ м/мин

Частота вращения фрезы определяется формулой (5.17):

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D}, \quad (5.17)$$

$n = 1.368 \times 10^3$ об/мин

Скорость движения подачи определяется по формуле (5.18):

$$S_m := S_z \cdot n \cdot z, \quad (5.18)$$

$$S_m = 2.189 \times 10^3 \text{ мм/мин}$$

Сила резания определяется по формуле (5.19) - (5.22):

C_p - коэффициент, $C_p := 825$

x, y, u, q, w - показатели степени,

$x := 1 \quad y := 0.75 \quad u := 1.1 \quad q := 1.3 \quad w := 0.2$

K_{mp} -поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала

$n_2 := 1$

$$K_{mp} := \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^{n_2}, \quad (5.19)$$

$$K_{mp} = 0.667$$

$$P_z := \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w},$$

(5.20)

$$P_z = 2.585 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_h := 0.35 \cdot P_z$$

$$P_h = 904.66 \text{ Н}$$

$$P_v := 0.9 \cdot P_z$$

$$P_v = 2.326 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$P_y := 0.35 \cdot P_z, \quad (5.21)$$

$$P_y = 904.66 \text{ Н}$$

$$P_x := 0.5 \cdot P_z, \quad (5.22)$$

$$P_x = 1.292 \times 10^3 \text{ Н}$$

Крутящий момент определяется по формуле (5.23):

$$M := \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (5.23)$$

$$M = 1.034 \times 10^3 \text{ Нм}$$

Мощность резания определяется по формуле (5.24):

$$N := P_z \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60}, \quad (5.24)$$

$$N = 14.521 \text{ кВт}$$

Переход 2

Сверлить 6 отв. Ø5

Режущий инструмент: Сверло спиральное Ø5 P5M5 ГОСТ10903-77

Диаметр сверла: $D := 5 \text{ мм}$

Глубина при сверлении: $t := 0.5 \cdot D \text{ мм}$

$$t = 2.5 \text{ мм}$$

Подача : $S := 0.08 \text{ мм}$

Скорость резания рассчитывается по эмпирической формуле (5.25), (5.26), где

T - среднее значение стойкости, $T := 8 \text{ мин}$

C_v - коэффициент, $C_v := 7$

x, y, m, q - показатели степени,

$$y := 0.7 \quad m := 0.2 \quad q := 0.4$$

K_v -общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Является произведением 3-х коэффициентов.

K_{mv} -коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

$$K_r := 1 \quad n_v := 1 \quad \sigma_v := 500 \text{ МПа}$$

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{nv}, \quad (5.25)$$

$$K_{mv} = 1.5$$

K_{uv} -коэффициент, учитывающий материала инструмента, $K_{uv} := 1$

K_{lv} -коэффициент, учитывающий глубину сверления,

$$K_{lv} := 1$$

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}, \quad (5.26)$$

$$K_v = 1.5$$

Скорость резания при сверлении определяется по формуле (5.27):

$$V := \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y}, \quad (5.27)$$

$$V = 77.267 \text{ м /мин}$$

Частота вращения сверла определяется по формуле (5.28) – (5.31):

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D}, \quad (5.28)$$

$$n = 4.919 \times 10^3 \text{ об /мин}$$

Крутящий момент, N_m и осевая сила, N определяется по формуле (5.29):

C_p, C_m - коэффициенты, $C_m := 0.0345$

u, q - показатели степени,

$$u := 0.8 \quad q := 2$$

$K_p = K_{mp}$ - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала

$$n_2 := 1$$

$$K_p := \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^{n_2}, \quad (5.29)$$

$$K_p = 0.667$$

$$M_{кр} := 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (5.30)$$

$$M_{кр} = 0.762 \text{ Нм}$$

$$C_p := 68 \quad q := 1 \quad y := 0.7$$

$$P_o := 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (5.31)$$

$$P_o = 386.857 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт

$$N := \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

$$N = 0.385 \text{ кВт}$$

Переход 3

Нарезать резьбу М6-6Н

Режущий инструмент: Метчик М6-6Н Р6М5 ГОСТ 9150-81

Диаметр метчика: $D := 6 \text{ мм}$

Шаг резьбы: $P := 1$

Продольная подача: $S := 1 \text{ мм}$

Скорость резания рассчитывается по эмпирической формуле (5.32),

где T - среднее значение стойкости, $T := 90 \text{ мм}$

C_v - коэффициент, $C_v := 64.8$

y, m, q - показатели степени,

$$y := 0.5 \quad m := 0.9 \quad q := 1.2$$

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Является произведением 3-х коэффициентов.

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала

$$K_r := 1 \quad n_v := 1 \quad \sigma_v := 500 \text{ МПа}$$

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{nv}, \quad (5.32)$$

$$K_{mv} = 1.5$$

K_{uv} -коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента,

$$K_{uv} := 1$$

K_{cv} -коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы определяется по формуле (5.33),

$$K_{cv} := 1$$

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{cv} \cdot K_{uv}, \quad (5.33)$$

$$K_v = 1.5$$

Скорость резания определяется по формуле (5.34):

$$V := \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot S^y}, \quad (5.34)$$

$$V = 14.542 \text{ м /мин}$$

Частота вращения определяется по формуле (5.35):

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D}, \quad (5.35)$$

$$n = 771.487 \text{ об /мин}$$

Крутящий момент, Нм определяется по формуле (5.36):

$$C_m - \text{коэффициенты, } C_m := 0.027$$

x, y, q - показатели степени,

$$y := 1.5 \quad q := 1.4$$

$K_r = K_{mr}$ - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала

$$n_2 := 0.75$$

$$K_r := 1.3$$

$$M_{kr} := 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_r, \quad (5.36)$$

$$M_{кр} = 4.312 \text{ Нм}$$

Мощность резания, кВт определяется по формуле (5.37):

$$N := \frac{M_{кр} \cdot n}{975}, \quad (5.37)$$

$$N = 3.412 \text{ кВт}$$

Переход 4

Зенкеровать 2 отв.

Режущий инструмент: Зенкер Ø9.8 Н8 Р6М5 ГОСТ12489-71

Диаметр зенкера: $D := 9.8 \text{ мм}$. Диаметр сверла при зенкерование: $d := 9$

Глубина при зенкерование определяется по формуле (5.38):

$$t := 0.5 \cdot (D - d), \quad (5.38)$$

$$t = 0.4 \text{ мм}$$

Подача : $S := 0.5 \text{ мм}$

Скорость резания рассчитывается по эмпирической формуле (5.39),

где

T - среднее значение стойкости

C_v - коэффициент, $N = 14.521$

x, y, m, q - показатели степени,

$$x := 0.2 \quad y := 0.3 \quad m := 0.25 \quad q := 0.6$$

K_v -общий поправочный коэффициент на скорость

резания, учитывающий фактические условия резания. Является произведением 3-х коэффициентов.

K_{mv} - коэффициент ,учитывающий качество обрабатываемого материала

$$K_r := 1 \quad n_v := 1 \quad \sigma_v := 500 \text{ МПа}$$

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{n_v}, \quad (5.39)$$

$$K_{mv} = 1.5$$

K_{uv} -коэффициент, учитывающий материала инструмента, $K_{uv} := 1$

K_{lv} -коэффициент, учитывающий глубину зенкерования определяется по формуле (5.40), (5.41): $K_{lv} := 1$

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv} , \quad (5.40)$$

$$K_v = 1.5$$

$$V := \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} , \quad (5.41)$$

$$V = 157.035 \text{ м /мин}$$

Частота вращения определяется по формуле (5.42):

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} , \quad (5.42)$$

$$n = 5.101 \times 10^3 \text{ об /мин}$$

Крутящий момент, N_m и осевая сила определяется по формуле (5.43) – (5.45):

C_p, C_m - коэффициенты, $C_m := 0.09$

x, y, q - показатели степени,

$$x := 0.9 \quad y := 0.8 \quad q := 1$$

$K_p = K_{mp}$ - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала

$$n_2 := 1$$

$$K_p := \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^{n_2} , \quad (5.43)$$

$$K_p = 0.607$$

$$M_{kp} := 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p , \quad (5.44)$$

$$M_{kp} = 1.348 \text{ Нм}$$

$$C_p := 67 \quad x := 1.2 \quad y := 0.65 \quad q := 0$$

$$P_o := 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p , \quad (5.45)$$

$$P_o = 86.308 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт определяется по формуле (5.46):

$$N := \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (5.46)$$

$$N = 0.705 \text{ кВт}$$

Переход 5

Развернуть 2 отв.

Режущий инструмент: Развертка $\varnothing 10H8 P6M5$ ГОСТ 1672-71

Диаметр развертки: $D := 10$ мм . Диаметр зенкера при развертывание:

$$d := 9.8 \text{ мм}$$

Глубина при развертывание определяется по формуле (5.47):

$$t := 0.5 \cdot (D - d), \quad (5.47)$$

$$t = 0.1 \text{ мм}$$

Подача : $S := 0.8$ мм

Подача на зуб при развертывании: $S_z := 0.13$

Число зубьев развертки: $z := 6$

Скорость резания рассчитывается по эмпирической формуле, где

T - среднее значение стойкости, $T := 20$ мин. C_v - коэффициент,

$$C_v := 100.6$$

x, y, m, q - показатели степени,

$$x := 0 \quad y := 0.65 \quad m := 0.4 \quad q := 0.3$$

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания. Является произведением 3-х коэффициентов.

K_{mv} - коэффициент ,учитывающий качество обрабатываемого материала определяется по формуле (5.48):

$$K_r := 1 \quad n_v := 1 \quad \sigma_v := 500 \text{ МПа}$$

$$K_{mv} := K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_v} \right)^{n_v}, \quad (5.48)$$

$$K_{mv} = 1.5$$

K_{uv} -коэффициент, учитывающий материала инструмента, $K_{uv} := 1$
 K_{lv} -коэффициент, учитывающий глубину развертывание определяется по формуле (5.49), $K_{lv} := 1$

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv}$$

$$K_v = 1.5$$

$$V := \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (5.49)$$

$$V = 105.019 \text{ м /мин}$$

Частота вращения определяется по формуле (5.50):

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D}, \quad (5.50)$$

$$n = 3.343 \times 10^3 \text{ об /мин}$$

Крутящий момент, Нм и осевая сила, Н: C_p - коэффициенты, $C_p := 67$

x, y, q - показатели степени,

$$x := 0.9 \quad y := 0.8 \quad q := 1$$

$K_p = K_{mp}$ - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала определяется по формуле (5.51):

$$K_p := 0.607$$

$$P_o := 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (5.51)$$

$$P_o = 428.288 \text{ Н}$$

Крутящий момент при развертывании определяется по формуле (5.52):

$$M_{kr} := \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100}, \quad (5.52)$$

$$M_{kr} = 0.495 \text{ Нм}$$

Мощность резания, кВт определяется по формуле (5.53):

$$N := \frac{M_{kr} \cdot n}{9750}, \quad (5.53) N = 0.17 \text{ кВт}$$

Режимы резания на 005 операцию представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Режимы резания на 005 операцию

Вид обработки, инструмент	Глубина резания t , мм	Подача s , мм /об	Скорость резания v , м/мин	Число оборотов n , об /мин	Движение подачи S_{pm} , мм /об	Сила резания P , Н		Крутящий момент $M_{кр}$, Н м		Мощность N , кВт
						P_x	P_y	P_z		
1. Фрезеровать поверхн. Фреза торцевая $\varnothing 80$ Т15К6 ГОСТ22086-76	2	0.2	344	1250	$2.2 \cdot 10^3$	$1.3 \cdot 10^3$	905	$2.6 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	14.5
2. Центровать 8 отв. Сверло центровочное $\varnothing 3.15$ Р6М5 ГОСТ 14952-75	-	0.06	78.5	3000	-	-	-	220.5	0.266	0.217
3. Сверлить 6 отв. Сверло спиральное $\varnothing 5$ Р6М5 ГОСТ10903-77	-	0.08	77.2	3000	-	-	-	387	0.76	0.385

Продолжение таблицы 5.4

4.Зенковать 6 отв. Зенковка Ø 16 P6M5 ГОСТ 1495-80	-	0.08	77.2	3000	-	-	-	387	0.76	0.385
5.Нарезать резьбу Метчик М6-6Н P6M5 ГОСТ 9150-81	-	1	14.5	800	-	-	-	-	4.3	3.4
6. Сверлить 2 уст. отв. Сверло спиральное Ø 9.P6M5 ГОСТ10903-77	-	0.15	55.5	2000	-	-	-	1.2*10 ³	4.5	0.91
7.Зенковать 2 фаски Зенковка Ø 16 P6M5 ГОСТ 1495-80	-	0.15	55.5	2000	-	-	-	1.2*10 ³	4.5	0.91
8. Зенкеровать 2 отв. Зенкер Ø9,8Н8 P6M5 ГОСТ12489-71	0.4	0.5	157	3000	-	-	-	86.3	1.4	0.7
9. Развернуть 2 отв. Развертка Ø10Н8 P6M5 ГОСТ 1672-71	0.1	0.8	105	3000	-	-	-	429	0.5	0.17

Продолжение таблицы 5.4

10. Сверлить 6 отв. Сверло спиральное Ø 7 Р6М5 ГОСТ10903-77	-	0.1	66.6	3000	-	-	-	633	1.7	0.5
Поворот стола										
11.Фрезеровать поверхн. Фреза торцевая Ø80 Т15К6 ГОСТ22086-76	2	0.2	344	1250	2.2*1 0 ³	1.3*1 0 ³	90 5	2.6*1 0 ³	1*10 3	14.5
12.Фрезеровать отв.Ø66 Фреза Т-образная .Ø60 Т15К6 ГОСТ 7063-72	0.5	0.2	387. 5	2000	4.1*1 0 ³	438	30 6.5	876	262. 7	5.5
13.Расточить отв. Ø65 начерно. Резец Т15К6 МН619-64	1	1	207	1000	1000	244	29 8	818	-	2.7
14. Расточить фаску Резец расточный Т15К6 МН619-64	1	1	207	1000	1000	244	29 8	818	-	2.7
15. Расточить отв. Ø65 начисто . Резец Т15К6 МН619-64	0.3	0.0 6	881	3000	259	10	12. 1	23.9	-	0.35

6. Безопасность и экологичность технологического объекта

1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта представлена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс ¹	Технологическая операция, вид выполняемых работ ²	Наименование должности, выполняющего операцию ³	Оборудование, устройство, приспособление ⁴	Материалы, вещества ⁵
1	005	Комбинированная с ЧПУ	Оператор многоцелевого станка	Универсальный Станок С ЧПУ ИР500ПМФ4	Металл – сталь 35Л
2	010	Комбинированная с ЧПУ	Оператор многоцелевого станка	Универсальный Станок С ЧПУ ИР500ПМФ4	Металл – сталь 35Л

2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков представлена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ ⁽¹⁾	Опасный и /или вредный производственный фактор ²	Источник опасного и / или вредного производственного фактора ³
1	Горизонтально-фрезерная	Физический. Повышенный уровень шума на рабочем месте	Универсальный Станок С ЧПУ ИР500ПМФ4
2	Вертикально-сверлильная	Физический. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Универсальный Станок С ЧПУ ИР500ПМФ4

3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов (уже реализованных и дополнительно или альтернативно предлагаемых для реализации)

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор ¹	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора ²	Средства индивидуальной защиты работника ³
1	Повышенный уровень шума на рабочем месте	При разработке машин и оборудования должны устанавливаться уровни физических факторов – в данном случае уровень шума	Наушники противозумные или вкладыши противозумные
2	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	При разработке должен определяться и устанавливаться допустимый риск для машины и оборудования.	Очки защитные
3	Вибрации, возникновение абразивной пыли	Применение воздухопроводов и вентиляционных каналов	Респиратор

4. Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов) представлены в таблице 6.4.

4.1. Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Механический	Универсальный Станок С ЧПУ ИР500ПМФ4	Д	Искры	Токопроводящие части технологических установок
2	Механический	Универсальный Станок С ЧПУ ИР500ПМФ4	Д	Искры	Части разрушившихся технологических установок

4.2. Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта (выпускной квалификационной работы) представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
вода	Пожарные автомобили	Пенные системы пожаротушения	Извещатели пожарные	пожарный шкаф	Средства защиты органов дыхания, противогазы	Пожарный топор, ведро	Дымовые датчики

4.3. Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
ТП изготовления резцов зуборезных головок	Изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	Установка пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках
ТП изготовления резцов зуборезных головок	Нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности при пожаре	Не менее двух эвакуационных выходов должны иметь помещения, предназначенные для одновременного пребывания более 10 чел.

5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабже ния)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
ТП изготовления резцов зуборезных головок	Универсальный	нет	Забор воды	нет
	Станок		из	Образование
	С ЧПУ		различных	металлической
	ИР500ПМФ4		источников	стружки
			водоснабже	Образование
			ния	загрязненной
				воды

Мероприятия организационно-технического характера по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду представлены в таблице 6.8. Таблица 6.8.

Наименование технического объекта	ТП изготовления резцов зуборезных головок
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Не требуются

Продолжение таблицы 6.8

Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Утилизация смазывающей охлаждающей жидкости (СОЖ) при помощи термического разложения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Переработка стружки путем запрессовки в компактный брикет с целью повторного использования

Выводы:

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления пуансона, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия (таблица 6.1).

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

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно.... Подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 6.3).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.4). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 6.5). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 6.6).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 6.7) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 6.8).

7. Экономическая эффективность работы

В базовом технологическом процессе было применено оборудование цена которой составляет 16909000 р. В проектном варианте было предложено замена оборудования, цена которой составляет 12000150 р.

Приспособление не менялось 3360 р.

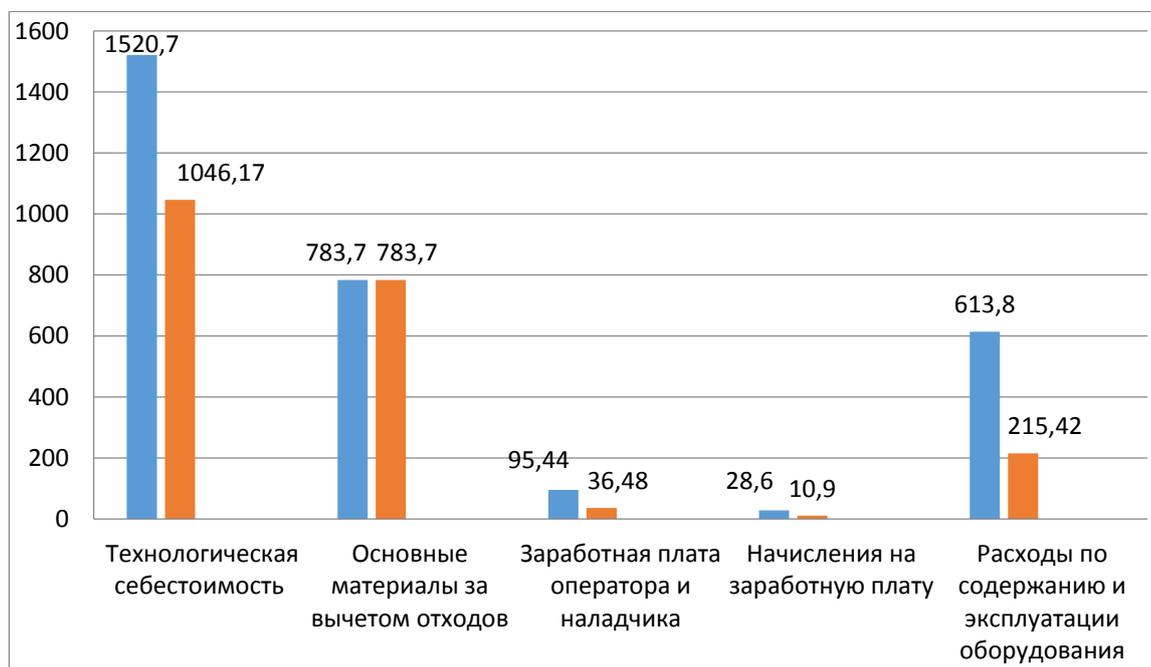


Рисунок 7.1 – Технологическая себестоимость

Таким образом, на диаграммах можно увидеть, что при одинаковых затратах на основные материалы, в проектном варианте значительно снижаются остальные затраты.

На базе полученных значений технологической себестоимости, определяем величину полной себестоимости, которая равна $C_{\text{пол(баз)}} = 2853,9 \text{ р}$;

$C_{\text{пол(пр)}} = 1983,7 \text{ р}$. Для получения этих значений использовалась методика калькулирования себестоимости.

Найденные значения $C_{\text{пол}}$, необходимы для обоснования экономической целесообразности внедрения технологического предложения.

Для этого проведем расчет обоснования экономической эффективности по следующему алгоритму:

Рассчитаем ожидаемую прибыль от снижения себестоимости обработки детали по формуле (7.1):

$$P_{\text{ож}} = \Delta_{\text{уг}} = (C_{\text{пол(баз)}} - C_{\text{пол(пр)}}) \cdot P_{\text{г}}, \quad (7.1)$$

$$P_{\text{ож}} = (2853,9 - 1983,7) \cdot 6000 = 5221200 \text{ р}$$

Налог на прибыль определяется по формуле (7.2):

$$H_{\text{приб}} = P_{\text{ож}} \cdot K_{\text{нал}}, \quad (7.2)$$

где: $K_{\text{нал}}$ – коэффициент налогообложения.

$$H_{\text{приб}} = 5221200 \cdot 0,2 = 1044240 \text{ р}$$

Чистая ожидаемая прибыль определяется по формуле (7.3):

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{ож}} - H_{\text{приб}}, \quad (7.3)$$

$$P_{\text{чист}} = 5221200 - 1044240 = 4176960 \text{ р}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле (7.4):

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{K_{\text{общ}}}{P_{\text{чист}}} + 1, \text{ год}, \quad (7.4)$$

$$T_{\text{ок.расч}} = \frac{16988331,12}{4176960} + 1 = 6 \text{ лет}$$

Общая стоимость доходов на период принятого времени

$$D_{\text{ДИСК.ОБЩ}} = P_{\text{ЧИСТ.ДИСК}}(T) = \sum_1^T 4176960 \cdot \frac{1}{(1+0,1)^1} + 4176960 \cdot \frac{1}{(1+0,1)^2} + 4176960 \cdot \frac{1}{(1+0,1)^3} + 4176960 \cdot \frac{1}{(1+0,1)^4} + 4176960 \cdot \frac{1}{(1+0,1)^5} + 4176960 \cdot \frac{1}{(1+0,1)^6} = 18205618p$$

Интегральный экономический эффект определяется по формуле (7.5):

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = ЧДД = D_{\text{ОБЩ.ДИСК}} - K_{\text{ВВ.ПР}}, \quad (7.5)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = ЧДД = 18205618 - 16988331,12 = 1217287p$$

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{ОБЩ.ДИСК}}}{K_{\text{ОБЩ}}} = \frac{18205618}{16988331,12} = 1,07$$

Таким образом, можно сделать вывод, что прибыль проектного варианта составляет: 1217287рублей. И окупается за 6 лет.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе мы определили, что проектный вариант технологического процесса выгоднее и производительнее.

Достоинства проектного техпроцесса следующие:

- большая концентрация операции;
- использование стандартизованного режущего и мерительного инструмента;
- трудоемкость изготовления детали ниже, чем в базовом, следовательно, технологическая себестоимость ниже;
- использование современного оборудования, которое, как показали экономические расчеты, окупается в течение 6 лет.

Список используемой литературы

1. Андреев, Г.И., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства . Учебное пособие. / Под ред. Ю.М. Соломенцева.- м.: Высш. Школа , 1999. 415 с.
2. Выбор способа изготовления заготовок. Методические указания к выполнению практических занятий, курсовому и дипломному проектированию для студентов направлений(специальностей) 552900(120100),550200(110200),551400(150100,150300).- Курган: Изд-во КМИ,1997.- 78 с.
3. Методические указания по оформлению технологической документации при выполнении курсовых и дипломных проектов для студентов специальностей 12.01, 07.01, 21.03, 12.02, 15.02, 15.06.- Курган:КМИ,1992-36 с.
4. ГОСТ 24359-80. Фрезы торцевые насадные со вставными ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры
5. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков, 3-е изд. Справочник, - М: Машиностроение, 1974.-652 с.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ Под общей ред. Панова А.А. – М.: Машиностроение, 1988. – 736с.
7. Эффективность переналаживаемых гибких производств. /Козловский В. А., Макаров В. М. – Л.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
8. В.Н.Орлов, Технология изготовления деталей транспортных машин : Учеб. Пособие.- Курган: Издательство КГУ, 2000 – 262 с.
9. Г.П. Мосталыгин , В.Н. Орлов. Проектирование технологических процессов обработки заготовок на станках с ЧПУ: Учеб. пособие. – Курган, КМИ 1994.

10. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. В 2-х ч. Ч.1. , - М: Экономика, 1990.-206 с
11. Мосталыгин, Г.П., Орлов В.Н. Проектирование технологических процессов обработки заготовок: Учеб. пособие. – Свердловск; УПИ, 1991. – 112с.
12. Мосталыгин, Г. П., Толмачевский Н. Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990. – 287 с., ил.
13. Справочник технолога – машиностроителя: в 2-х т. Т.1/ Под общей ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985. – 656с.
14. Справочник технолога – машиностроителя: в 2-х т. Т.2/ Под общей ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1986. – 496с.
15. Горбацевич, А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных спец ВУЗов. – Мн.: Высшая школа, 1993. – 253с.
16. Косилова, А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. – М.: Машиностроение, 1976. – 288с.
17. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1 /Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. 592 с., ил.
18. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.2 /Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. 656 с., ил.
19. Gearbox Condition Monitoring Using Advanced Classifiers:// <http://www.ijsrp.org/research-paper-0813/ijsrp-p2096.pdf>

20. Journal Title: Acta Polytechnica// Evaluation of Methods used for Separation of Vibrations Produced by Gear Transmissions// <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap/article/view/1069>
21. Journal Title: Transport Problems : an International Scientific Journal// Comparison of the sound pressure measurement and the speed measurement of the gearbox vibrating surface// http://www.who.int/occupational_health/publications/noise1.pdf
22. Journal Title: Journal of Engineering Science and Technology// MODAL ANALYSIS OF HEAVY VEHICLE TRUCK TRANSMISSION GEARBOX HOUSING MADE FROM DIFFERENT MATERIALS// <http://www.jestr.org/downloads/Volume7Issue4/fulltext117414.pdf>
23. Journal Title: MATEC Web of Conferences// Varying Load Detection in A Gearbox System Based on Adaptive Threshold Estimation// <http://www.eurasip.org/Proceedings/Eusipco/Eusipco2009/contents/papers/1569192816.pdf>

Приложение

