

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления корпуса подшипников

Студент(ка)	<u>И.В. Кабаев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Ю. Воронов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления корпуса подшипников.

Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2019.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления корпуса подшипников для условий среднесерийного производства.

Ключевые слова: данные для проектирования, заготовка, способ изготовления, маршрут обработки, план обработки, технологическое оснащение, режимы обработки, приспособление, инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первому разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;

- по третьему разделу - проведены исследования по повышению стойкости осевого инструмента;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии;

- по разделу «Заключение» представлены достижения и выводы по данной работе.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 53 страниц, содержащей 11 таблиц, 8 рисунков, и графическую часть, содержащую 7 листов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Классификация поверхностей детали.....	6
1.3 Технологичность детали.....	8
1.4 Задачи работы.....	8
2 Разработка технологической части работы.....	9
2.1 Выбор типа производства.....	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	9
2.3 Разработка ТП изготовления детали.....	12
2.4 Выбор средств технического оснащения.....	12
2.5 Проектирование технологических операций.....	14
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
5 Экономическая эффективность работы.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень машиностроительного производства позволяет массово изготавливать изделия, характеризующиеся высокими скоростями вращения, и значительными нагрузками на ось. Такая продукция находит применение во многих отраслях промышленного производства, транспорта, военной техники и т.д.

Ключевыми элементами, обеспечивающими данные технические возможности машиностроительной продукции, являются подшипники скольжения и качения, именно на обеспечении их качественных и технических характеристик, сосредоточено основное внимание производителей продукции машиностроения. Однако, не следует забывать, что подшипники устанавливаются не в «воздухе», а по специальным поверхностям корпусов или на специальных корпусных деталях, несущих функцию опорных элементов. Поэтому, тему бакалаврской работы, направленную на создание перспективного технологического процесса изготовления корпуса подшипников, следует считать актуальной.

Тогда, цель бакалаврской работы может быть сформулирована следующим образом: разработка технологического процесса изготовления корпуса подшипников с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Деталь «Корпус подшипников» предназначена для закрепления на ней системы подшипников скольжения при эксплуатации изделия. Важной характеристикой данной детали, является высокая точность межосевых расстояний и точность отверстий под запрессовку, именно данные параметры имеют определяющее влияние на качество работы данного изделия. Выполнение деталию своих функций определяется размерами и формой, заданными на чертеже детали.

В качестве материала «Корпуса подшипников», примем сталь 20Л, имеющую в своем составе помимо 0,2% углерода, значительную долю кремния, хрома, марганца и других элементов. Основные характеристики: высокая жидкотекучесть (способность заполнять все полости литейной формы); хорошая обрабатываемость; предел прочности при растяжении – 18 кгс/мм²; предел прочности при изгибе – 36 кгс/мм²; плотность материала – 7,85 Мг/м³.

Точность размеров, формы расположения поверхностей, шероховатость выбраны исходя из условий работы детали. Рекомендации по назначению технических требований приведены в [2].

1.2 Классификация поверхностей детали

Анализ поверхностей проводим в соответствии с рисунком 1.1, а результаты для удобства сведем в таблицу 1.1. Согласно чертежу корпуса, базовыми поверхностями являются отверстия 26 и торцы 12,15,25.

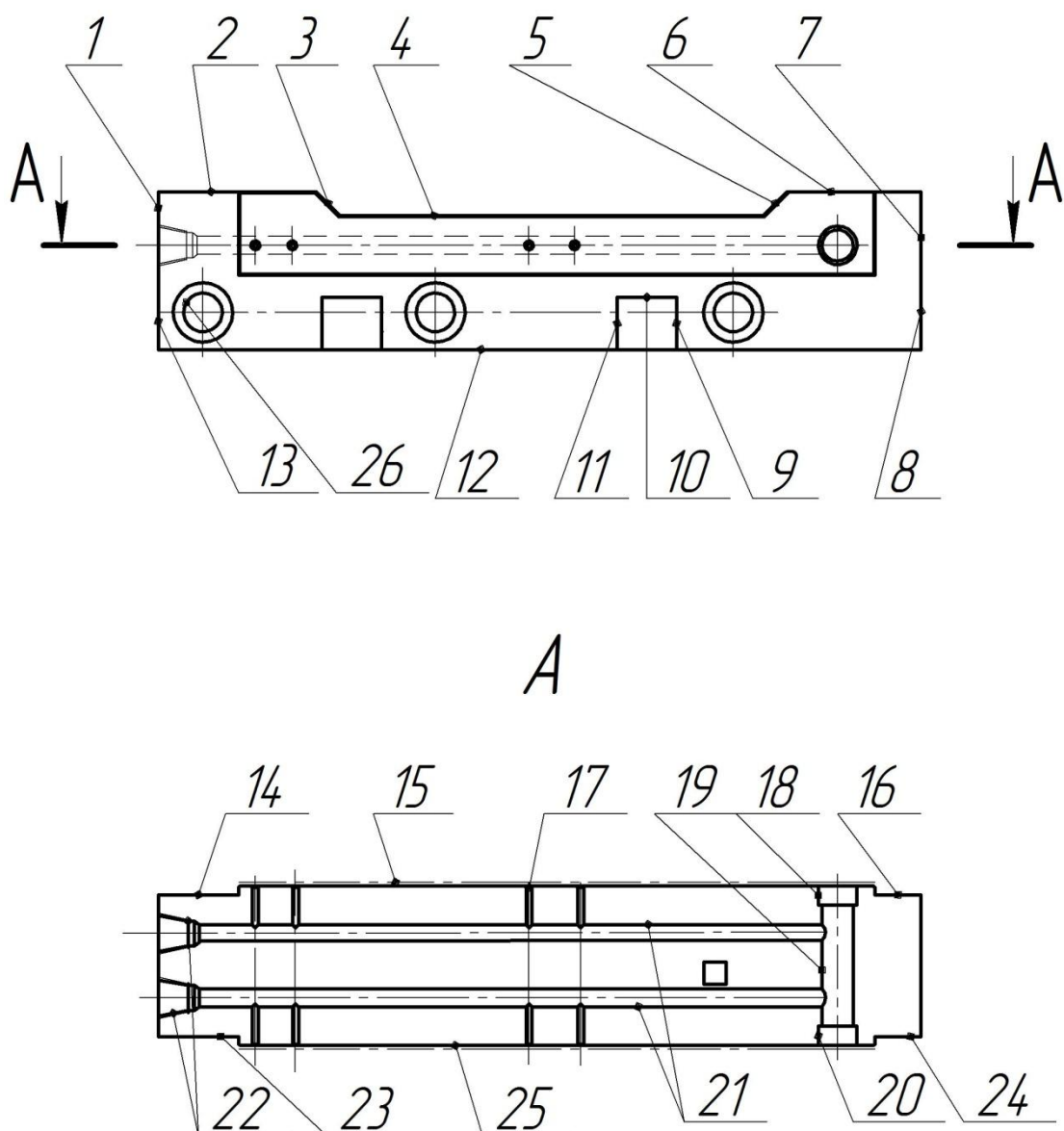


Рисунок 1.1 – Деталь - «Корпус подшипников», общий вид

Поэтому, при обработке корпуса, можно выполнить принцип постоянства баз и совмещение технологических и измерительных баз.

Таблица 1.1 - Служебное назначение поверхностей детали и технические требования, предъявляемые к ним

Наименование поверхностей	Номера поверхностей
Основные конструкторские базы	12,15,25
Вспомогательные конструкторские базы	18,19,20,21,22
Исполнительные	26
Свободные	Оставшиеся не указанные поверхности

1.3 Технологичность детали

Деталь «Корпус подшипников» имеет достаточную жесткость и прочность, что позволяет надежно закрепить подшипники скольжения в ходе эксплуатации изделия. Наружные поверхности имеют открытую форму, обеспечивающую возможность обработки на проход. Для данной детали предусмотрен удобный подвод режущего инструмента к обрабатываемой поверхности и свободный выход инструмента режущего инструмента при обработке на проход.

Наружные поверхности предварительно можно обработать торцовыми фрезами и концевыми радиусными фрезами. Внутренние отверстия обрабатываются сверлами, метчиками и зенкерами.

1.4 Задачи работы

Для достижения цели бакалаврской работы, ранее сформулированной в введении данной работы, необходимо решить следующие задачи:

- 1) Рассмотреть исходные данные на предмет формирования перспективного технологического процесса;
- 2) Рассмотреть тип и спроектировать заготовку;
- 3) Рассмотреть вопросы по созданию технологического процесса;
- 4) Рассмотреть вопросы проектирования приспособления;
- 5) Рассмотреть мероприятия по охране труда;
- 6) Определить экономический эффект работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор типа производства

Для определения типа производства воспользуемся исходными данными:

Годовая программа изделий $N = 5000$ шт.

Масса детали $m = 4,32$ кг

Выбор типа производства для детали «Корпус подшипников» производим по таблице 2.1:

Таблица 2.1 - Выбор типа производства

Тип/масса	Е	МС	СС	КС	М
8...30 кг	До 10	10...200	200...500	500...5000	Св. 5000
До 8 кг	До 100	100...500	500...5000	5000...50000	Св. 50000
Св.30 кг	До 5	5...150	150...300	300...1000	Св. 1000

На основании табличных данных принимаем среднесерийное производство. Среднесерийное производство характеризуется неширокой номенклатурой изготавливаемых изделий и большим объемом выпуска продукции.

Выпуск и обработка изделий осуществляется партиями, которые разбиваются на отдельные транспортные или передаточные партии. Станки располагаются по ходу технологического процесса. Средний уровень ручных и пригоночных работ. Рабочие средней и высокой квалификации.

2.2 Выбор метода получения заготовки

Методами получения заготовки являются:

- 1) отливка в песчаные формы;
 - 2) отливкой по выплавляемым моделям.
- 1) Технологическую себестоимость для заготовки рассчитаем как (2.1.):

$$C_T = C_{\text{заг. полная}} \cdot Q + C_{\text{мех}} \cdot (Q - q) - C_{\text{отх.}} \cdot (Q - q) \quad (2.1)$$

где, C_T – себестоимость метода изготовления заготовки;

$C_{\text{заг. полная}}$ – себестоимость заготовки, без учета обработки и отходов;

2) Стоимость литой заготовки, определим по формуле (2.2):

$$C_{\text{заг. полная}} = C_{\text{от.}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_m \cdot k_n \cdot M_{\text{от}} \quad (2.2)$$

где, $M_{\text{от.}}$ – масса отливки ($M_{\text{от1.}} = 5,27\text{кг}$; $M_{\text{от2.}} = 6,1\text{кг}$.);

где, $C_{\text{от}}$ – базовая стоимость метода изготовления одного кг отливки, литьем, руб. (по [4], принимаем $C_{\text{от1.}} = 1,4$ руб.; $C_{\text{от2.}} = 1,7$ руб.);

k_T – коэффициент, определяющий свое значение по классу точности (для первого класса, принимаем $k_T = 1,06$);

k_c – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала и группы сложности отливки (для стали 20Л и третьей группы сложности, , принимаем $k_c = 1,0$);

k_b – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала и массе отливки (для стали 20Л и её массы: 1) при литье в песчаные формы – 12,91кг. – $k_b = 0,84$; 2) при литье в керамические формы – 12,68 кг. – $k_b = 0,84$);

k_m – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала отливки (для стали 20Л, принимаем $k_m = 1,24$);

k_n – коэффициент, определяющий свое значение по марке материала отливки и группы серийности (для первой группы серийности и для стали 20Л, , принимаем $k_n = 0,52$).

Определим стоимость всей заготовки полученной различными способами по формуле (2.2):

$$C_{\text{заг. полная1}} = C_{\text{от1}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}} \cdot M_{\text{от1}} = \\ = 1,4 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 0,52 \cdot 5,27 = 25,15 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{заг. полная2}} = C_{\text{от2}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}} \cdot M_{\text{от2}} = 1,7 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 0,52 \cdot 6,1 = \\ = 42,1 \text{ руб.}$$

3) Q – масса отливок: $Q_1 = 5,27 \text{ кг}$; $Q_2 = 6,1 \text{ кг}$;

4) q – масса корпуса $q = 4,32 \text{ кг}$;

5) $C_{\text{мех}}$ – стоимость обработки корпуса, определяем как (2.3):

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k \quad (2.3)$$

где, C_c – затраты за 1 кг стружки, $C_c = 0,495 \text{ руб./кг}$;

E_n – коэффициент, по эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,1$;

C_k – приведенные капитальные затраты за 1 кг стружки, $C_k = 1,085 \text{ руб./кг}$);

Тогда, стоимость обработки корпуса:

$$C_{\text{мех}} = C_c + E_n \cdot C_k = 0,495 + 0,1 \cdot 1,085 = 0,6035 \text{ руб./кг};$$

б) $C_{\text{отх}}$ – приблизительная стоимость одного 1 кг отходов, $C_{\text{отх}} = 0,0144 \text{ руб./кг}$).

Технологическую себестоимость заготовки рассчитаем по формуле (2.1):

$$C_{\text{T1}} = 10,384 \cdot 5,27 + 0,6035 \cdot (5,27 - 4,32) - \\ - 0,0144 \cdot (12,91 - 12,200) = 83,1 \text{ руб}; \\ C_{\text{T2}} = 6,1 \cdot 12,68 + 0,6035 \cdot (6,1 - 4,32) - \\ - 0,0144 \cdot (12,68 - 12,200) = 115,6 \text{ руб.}$$

Анализируя выше приведенные зависимости, можно говорить, что более оптимальным методом для заготовки является литье в песчаные формы.

2.3 Разработка ТП изготовления детали

Обработку поверхностей детали и формирование технологического процесса приведем ниже в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Технологический маршрут изготовления корпуса подшипников

Номер операции	Наименование операции	Обрабатываемые поверхности	Технологический переход
1	2	3	4
005	Фрезерная	1	Фрезерование торца
010	Фрезерная	2	Фрезерование торца
015	Фрезерная	3	Фрезерование торца
020	Фрезерная	12, 13, 14	Фрезерование торца
025	Сверлильная	4, 6, 8	Сверление отверстий
030	Сверлильная	10, 11	Сверление отверстий
035	Фрезерная	5,7,9	Фрезерование торца
040	Плоскошлифовальная	1	Шлифование торца

2.4 Выбор средств технического оснащения

Выбор средств технического оснащения приведен ниже в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Средства технологического оснащения

№ оп.	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля.
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
005 фрезерная	Фрезерный станок 6А59	Тиски машинные, Упор	Фреза торцовая Т5К6	Шаблон
010 Фрезерная	Фрезерный станок 6А59	Тиски машинные, Упор	Фреза торцовая Т5К6	Шаблон
015 Фрезерная	Фрезерный станок 6А59	Тиски машинные, упор	Фреза торцовая Т5К6	Шаблон
020 Фрезерная	Фрезерный станок 6А59	Тиски машинные, упор	Фреза торцовая Т5К6	Шаблон
025 Сверлильная	Обработывающий центр ИРМ500МФ4	Тиски машинные, упор	Сверло,	Шаблон? Калибр пробка

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5
030 Коорд.-сверлильная	Обрабатывающий центр ИРМ500МФ4	Тиски машинные, упор	Сверло	Шаблон, Калибр пробка
035 Фрезерная	Фрезерный станок 6А59	Тиски машинные, упор	Фреза торцовая Т5К6	Шаблон
040 Плоскошлиф.	Плоскошлифовальный станок 3760	Магнитный стол	Круг шлифовальный ПП 500×50×60 24А16СМ26К5	Шаблон

2.5 Проектирование технологических операций

Расчет ведем по [16, 17]

Операция 025 – Сверлильная

Переход 1.

Сверление отверстий $D = 4$ мм

$S_0 = 0,45$ мм/об

$$S_M = S_0 * n$$

$$V = 20 \text{ м/мин}$$

$$T = 60 \text{ мин [21]}$$

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} \quad (2.4)$$

D – диаметр сверла; $D = 4$ мм. Тогда:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 20}{3,14 \times 4} = 1592 \text{ об/мин}$$

$$S_M = S_0 * n = 0,2 * 1592 = 318,5 \text{ мм/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка

$$N \leq 1,2 N_d * \eta$$

$$N = N_{\text{рез}} * K \quad (2.5)$$

где K = количество одновременно работающих инструментов; $K = 4$

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} * n}{9750} \quad (2.6)$$

$M_{\text{кр}}$ – крутящий момент, находим по формуле (2.7):

$$M_{\text{кр}} = 10 \times C_m \times D^q \times S^y \times K_p \quad (2.7)$$

,где $C_M = 0,021$, $q = 2$, $y = 0,8$, $K_p = K_{mp}$.

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{220}{190}\right)^{0.6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 4^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 0,98 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{рез} = \frac{0,98 \times 1592}{9750} = 0,16 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,16 \times 4 = 0,64 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,64 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,64 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

Переход 2.

Сверление отверстий $D = 20$ мм

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 20}{3,14 \times 20} = 606,62 \text{ об/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка по зависимостям (2.5-2.7), если:

$$C_m = 0,021, q = 2, y = 0,8, K_p = K_{mp}.$$

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{220}{190} \right)^{0,6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 10,5^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 6,75 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{рез} = \frac{0,98 \times 606,62}{9750} = 0,42 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,42 \times 1 = 0,42 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,42 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,42 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

Переход 3.

Сверление отверстий $D = 26$ мм

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 20}{3,14 \times 26} = 353,8 \text{ об/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка по зависимостям (2.5-2.7), если:

$$C_m = 0,021, q = 2, y = 0,8, K_p = K_{mp}.$$

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{220}{190}\right)^{0.6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 18^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 19,8 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{рез} = \frac{0,98 \times 353,8}{9750} = 0,72 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,72 \times 1 = 0,72 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,72 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,72 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

Переход 4.

Зенкерование отверстий $D = 32$ мм

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 23}{3,14 \times 32} = 199 \text{ об/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка по зависимостям (2.5-2.7), если:

$$C_M = 0,021, q = 2, y = 0,8, K_p = K_{mp}.$$

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{220}{190} \right)^{0,6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 10,5^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 6,75 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{рез} = \frac{0,98 \times 199}{9750} = 0,2 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,2 \times 1 = 0,2 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,2 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,2 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

Переход 5.

Развертка отверстий $D = 21$ мм

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 21}{3,14 \times 33} = 500,4 \text{ об/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка по зависимостям (2.5-2.7), если:

$$C_m = 0,021, q = 2, y = 0,8, K_p = K_{mp}.$$

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{220}{190} \right)^{0,6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{\text{кр}} = 10 \times 0,021 \times 4^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 0,98 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{\text{рез}} = \frac{0,98 \times 500,4}{9750} = 0,16 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,16 \times 1 = 0,16 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,16 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,16 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

Переход б.

Сверление отверстий $D = 26 \text{ мм}$

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 20}{3,14 \times 26} = 506,6 \text{ об/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка по зависимостям (2.5-2.7), если:

$$C_M = 0,021, q = 2, y = 0,8, K_p = K_{mp}.$$

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = \left(\frac{220}{190}\right)^{0.6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 10,5^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 6,75 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{рез} = \frac{0,98 \times 506,6}{9750} = 0,42 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,42 \times 1 = 0,42 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,42 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,42 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

Переход 7.

Цековка отверстий $D = 47$ мм

По формуле (2.4) находим частоту вращения

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 58}{3,14 \times 47} = 393 \text{ об/мин}$$

Делаем проверку по мощности станка по зависимостям (2.5-2.7), если:

$$C_m = 0,021, q = 2, y = 0,8, K_p = K_{mp}.$$

Тогда, по формуле (2.8):

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{220}{190} \right)^{0,6} = 1,09 \quad (2.8)$$

Подставим полученные данные в представленные выше зависимости, получим:

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 18^2 \times 0,2^{0,8} \times 1,09 = 19,8 \text{ Н} \times \text{м}$$

Тогда, по формуле (2.6) найдем мощность:

$$N_{\text{рез}} = \frac{0,98 \times 393}{9750} = 0,72 \text{ кВт}$$

Скорректируем значение мощности по количеству инструментов:

$$N = 0,72 \times 1 = 0,72 \text{ кВт}$$

При мощности привода станка 18,4 кВт, проведем сравнение с мощностью обработки:

$$0,72 \leq 1,2 \times 18,4 \times 0,9$$

$$0,72 \leq 19,872$$

Таким образом, на данном переходе обработка возможна.

3 Проектирование специальных средств оснащения

Известно, что после импульсной лазерной закалки (ИЛЗ) режущих инструментов (проходных резцов, дисковых пил, сверл, фрез, зенковок, разверток, метчиков, прошивок, протяжек, долбяков и др.), в том числе из быстрорежущих сталей, их стойкость повышается в 2 раза и более. Однако, несмотря на это, а также на высокую надежность прессы ИЛЗ и относительно небольшую стоимость импульсных лазерных установок типов «квант» и ЛТУ-2М, масштабы использования ИЛЗ ограничены из-за низкой производительности установок и отсутствия автоматизации перемещения инструмента при закалке. Указанные недостатки устранены в автоматизированных технологических комплексах, созданных на базе лазеров непрерывного действия. Цель данной работы – исследование эксплуатационных характеристик (микротвердости, теплостойкости и износостойкости) инструментов после их закалки посредством непрерывного лазера и определение оптимальных режимов лазерной закалки. Для исследования использовали образцы и сверла из стали Р6М5, которые подвергли закалке на автоматизированном технологическом комплексе, включающим в свой состав непрерывный CO_2 – лазер МТЛ-2 (максимальная выходная мощность 2 кВт) и манипулятор типа 125А с ЧПУ, имеющий три линейные и две вращательные координаты. Для повышения коэффициента поглощения излучения на поверхность образцов была нанесена цинковая гуашь. До лазерной обработки образцы и сверла подвергали стандартной термической обработке закалки при температуре $T=1225^\circ\text{C}$ и трехкратному отпуску при $T=560^\circ\text{C}$. Для определения влияния режима лазерной закалки на устойчивость твердого раствора стали Р6М5 при отпуске образцы (с сечением 15x15 мм) подвергали лазерной закалке при скорости перемещения луча 1 м/мин и четырех вариантов мощности излучения: 1. $P=0,25$ кВт; 2. $P=0,4$ кВт; 3. $P=0,75$ кВт; 4. $P=1,8$ кВт; этим значениям мощности соответствовала удельная энергия $E_s=3,75; 6; 11; 25; 27$ Дж/мм².

После лазерной закалки образцы нагревали до температуры $T=300; 450; 550; 650; 750^{\circ}\text{C}$ (с точностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$) в течении часа и охлаждали на воздухе. Затем измеряли из твердость по Викерсу в зоне лазерного воздействия и вне этой зоны. По результатам пяти измерений твердости определяем ее среднее значение (арифметическое) значение. Как видно из рисунка 3.1, изменение твердости всех образцов при нагреве имеет одинаковый характер. Наилучшими (с точки зрения сохранения высокой твердости при нагреве) являются варианты 3 и 4.

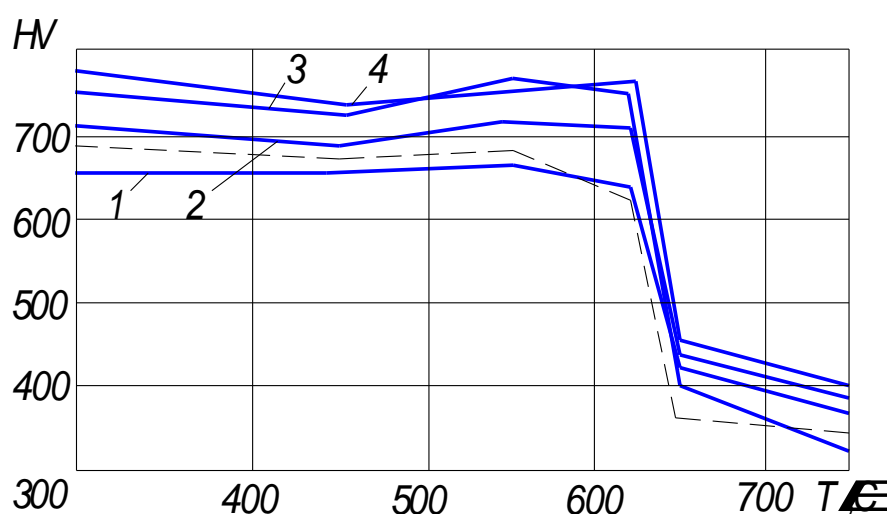


Рисунок 3.1 – Зависимость твердости HV поверхности образцов из стали Р6М5 после лазерной закалки от температуры T нагрева

Очевидна, что обработка в таких условиях способствует лучшему растворению карбидов и насыщению твердого раствора легирующими элементами. Это повышает устойчивость твердого раствора к распаду при нагреве стали. Лазерная закалка по варианту 3 наиболее эффективна (с точки зрения повышения теплостойкости стали) при $T=550-750^{\circ}\text{C}$, а по варианту 4 – при $T = 300 - 450^{\circ}\text{C}$. Однако закалка по этим вариантам приводит к оплавлению поверхности, что нежелательно для режущего инструмента. Закалка по варианту 1 не вызывает оплавления, но снижает твердость

образца (по сравнению с полученной при стандартной термической обработке) при $T = 300-500^{\circ} \text{C}$ и $T > 715^{\circ} \text{C}$. При варианте 2 также не возникает оплавление, но твердость повышается (по сравнению с полученной при стандартной термической обработке). Некоторое повышение твердости при $T=550^{\circ} \text{C}$ можно объяснить выделением карбидов из твердого раствора при дисперсионном твердении стали. Аналогичные процессы, происходящие при отпуске от 560°C после объемной закалки, определяют вторичную твердость, характерную для режущих сталей. Влияние режима лазерной обработки на износостойкость стали Р6М5 при резании определяли по известной методике. В общем случае износостойкость образца характеризуется потерей его массы в результате трения, $V=A/m_{\text{тр}}=LF_{\text{тр}}/m_{\text{тр}}$, где A - работа силы трения, Дж; L - длина пути трения, м; $F_{\text{тр}}$ - сила трения, Н; $m_{\text{тр}}$ - потеря образцом массы, г. Коэффициент трения $\mu=F_{\text{тр}}/F$, где F - нормальная сила, возникающая под действием пружины прижимного устройства.

На станок с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя вместо резцедержателя устанавливали специальное приспособление, в патроне которого (установили специальное приспособление), с помощью цанги закрепляли упрочненный лазером образец из стали Р6М5, представляющий собой цилиндр (диаметр 12 и длина 20 мм) и имеющий на одном торце конус с углом 150° и площадку на вершине (диаметром 0,8-0,85 мм), перпендикулярную к оси образца, для контакта с контртелом. Контактную площадку на образцах обрабатывали при $P=0,35$ кВт, диаметре пятна лазерного излучения на поверхности 2мм и скорости перемещения образцов 4,6,7 и 8 м/мин; этим значениям скорости соответствует $E_s=2,6; 1,75; 1,5; 1,3$ Дж/мм². В качестве контролирующего тела использовали заготовку из стали 40х (диаметр 150 мм и длина 650 мм), которую закрепляли в патроне и заднем центре. Образец прижимали к контр. телу с помощью специального устройства. Возникающая сила трения уравновешивалась реакцией со стороны датчика давления, а ее величина

регистрировалась. Продольное перемещение образца позволяло избежать перекрытия двух соседних следов его контакта с контр. телом. Чтобы приблизить условия моделирования на установке к реальному процессу резания, после каждого прохода образца по контр. телу, с поверхности последнего снимали дефектный слой токарным проходным резцом, оснащенный сменной четырехгранной пластиной из твердого сплава Т15К6, при скорости резания 9м/мин, подаче 0,2мм/об, глубине резания 0,1-0,15мм.

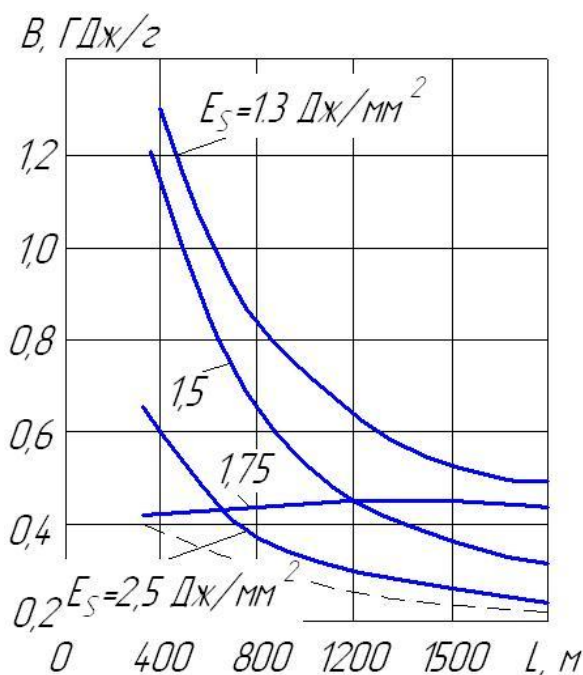


Рисунок 3.2 - Зависимость износостойкости B образцов из стали Р6М5 после лазерной закалки и после стандартной термической обработки от пути L трения и величины энергии E .

Как видно из рисунка 3.2, износостойкость образцов уменьшается по мере увеличения пути трения. Наиболее интенсивно износостойкость снижается в период приработки ($L=300-600\text{м}$), особенно у образцов, прошедших лазерную обработку. После окончания приработки (при $L>900\text{м}$) наибольшей износостойкостью обладали образцы, подвергнутые лазерной обработке с меньшей удельной энергией. Наиболее оказался режим

обработки с $E_s=1,3 \text{ Дж/мм}^2$, при котором износостойкость образцов повысилась (по сравнению с износостойкостью в исходном состоянии) более чем в три раза.

По формуле определили коэффициенты трения для образцов, прошедших лазерную закалку по различным режимам. Из рисунка 3.3 видно, что лазерная закалка уменьшает коэффициент трения образцов (по сравнению с коэффициентом трения после стандартной термической обработки). Это проявляется в повышении микротвердости (с $H=8750-9130 \text{ МПа}$ по $H=10000-12000 \text{ МПа}$) образцов.

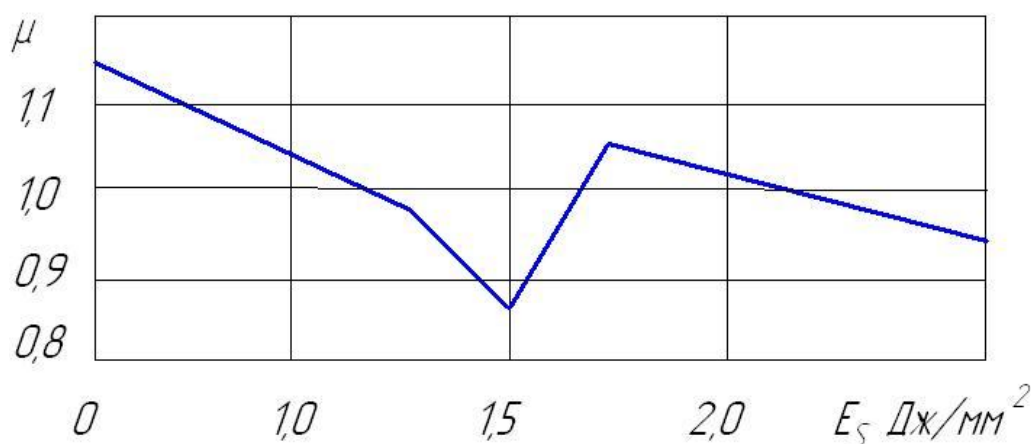


Рисунок 3.3 - Зависимость коэффициента трения образца от энергии E

Сверла (диаметр 12 и длина рабочей части 20мм) облучали лазером МТЛ-2, обеспечивающим равномерное распределение энергии в лазерном пятне. Перемещение сверл по сложной траектории при облучении спиральной задней поверхности осуществлялось манипулятором 125А при скорости перемещения стола 10 м/мин.

При подборе режима непрерывной лазерной обработке сверл экспериментально установили, что при $E_s \leq 2 \text{ Дж/мм}$ режущие кромки не оплавляются. Для промышленного внедрения наибольший интерес представляет лазерная обработка при максимально возможных скоростях перемещения сверла, что позволяет получить максимальную

производительность процесса. Этой цели соответствуют следующие режимы: скорость перемещения фрезы 8м/мин; $P=0,1-0,8$ кВт (т.е. $E_s = 0,25-2$ Дж/мм²).

Кроме того, сверла подвергали ИЛЗ на установках «Квант-15» и «Квант-16» при полуавтоматическом режиме и наложении пятен лазерного излучения на заднюю поверхность с 50%-ным покрытием. Длительность непрерывной обработки составляла 3,6 с, а на установках «Квант-15» и «Квант-16» - 30 секунд и 1 минута соответственно. Закалку проводили на пяти режимах: $E_s=2; 1,25; 1,0; 0,75$ и $0,25$ Дж/мм². при испытаниях использовали такие сверла, прошедшие стандартную термическую обработку.

Сравнительные стойкостные испытания сверл после лазерной закалки проводили на универсальном-сверлильном станке при обработке заготовки из стали 45. В процессе испытания измеряли износ сверла по задней поверхности через определенные промежутки времени (рисунок 9.4). Скорость резания составляла 23,7 м/мин; глубина резания 2мм; ширина реза 3мм; подача 0,05 мм/зуб.

Сверла обработанные, при $E_s=1; 0,75; 0,25$ Дж/мм², приобрели существенное повышение стойкости. Так стойкость сверл после обработки при $E_s=0,75$ и $0,25$ Дж/мм² была примерно в 2 раза выше, чем у сверл после стандартной термической обработки.

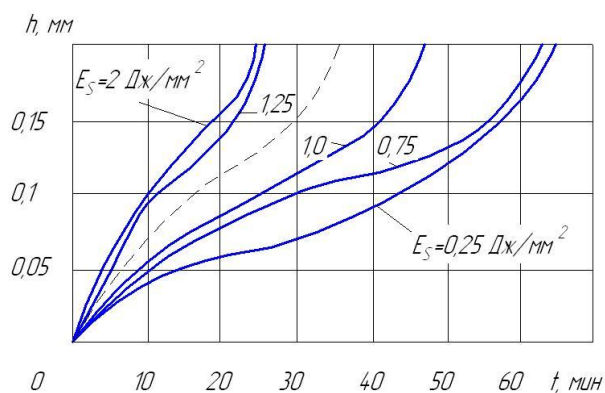


Рисунок 3.4 –Зависимость износа h по задней поверхности зубьев фрез от времени t и энергии E .

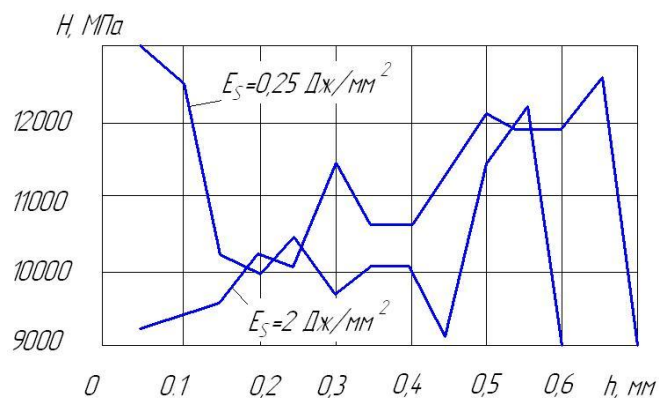


Рисунок 3.5 –Изменение микротвердости H на глубине h упрочнённого слоя на зубьях фрез из стали Р6М5 после лазерной закалики

После стойкостных испытаний исследовали микроструктуру режущих кромок (в местах не подверженных износу) на сверлах, упрочненных при $E_s=2$ и $0,25$ Дж/мм². Установлено, что глубина упрочненной зоны на кромках обеих сверл различается незначительно 500мкм в первом случае и 400 во втором.

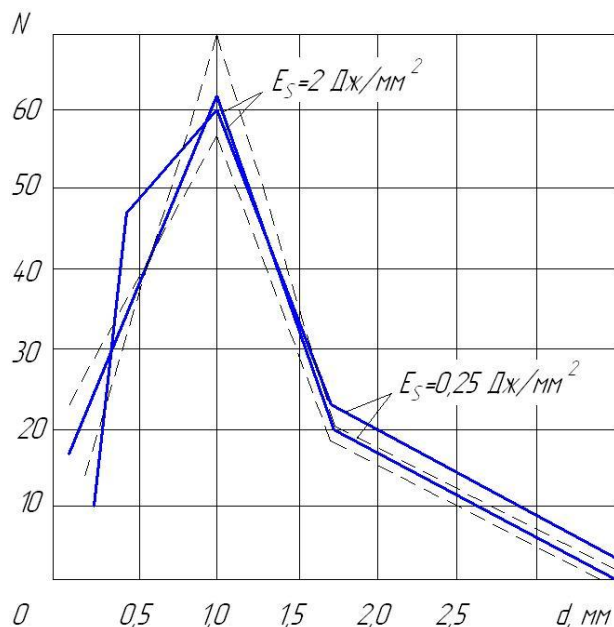


Рисунок 3.6 - Распределение числа N карбидов по их размеру d в поверхностном слое и слое с исходной структурой стали Р6М5 после лазерной закалики сверл

Однако характер изменения микротвердости по глубине зоны лазерного воздействия в этих двух случаях заметно различается (рисунок 5). При малой мощности излучения ($P=0,1$ кВт, т.е. $E_s=0,25$ Дж/мм²) микротвердость поверхности $H=12000$ МПа, при увеличении мощности до $0,8$ кВт ($E_s=2$ Дж/мм²) микротвердость поверхности снижается до $H=9200-9700$ МПа и только в более глубоких слоях ($h=0,5-0,55$ мм), нагретых до значительно меньших температур, микротвердость увеличивается.

На рисунке 3.6 приведены результаты карбидного анализа стали рассмотренных выше сверл, подвергнутых лазерной закалке при $P=0,1$ и $0,8$ кВт ($E_s=0,25$ и 2 Дж/мм²). Из них следует, что количество карбидов размером более $1,5$ мкм при лазерной закалке по обоим режимам примерно одинаково, при чем по сравнению с исходной структурой оно изменяется незначительно. Количество карбидов размером до одного мкм отличается большим разбросом, как в зонах лазерного воздействия, так и в исходной структуре.

Результаты испытаний дают основание утверждать, что для повышения твердости быстрорежущих сталей, предварительно закаленных и отпущенных и для увеличения стойкости инструмента при лазерной обработке не следует добиваться растворения карбидов, реализуемого путем увеличения мощности. Растворение карбидов может привести к снижению твердости при нагреве.

Лазерную закалку инструмента с высокой скоростью (8 м/мин) и небольшой мощностью ($0,1-0,3$ кВт) следует проводить на автоматизированном технологическом комплексе с маломощными газовыми лазерами непрерывного действия, что позволит существенно снизить стоимость оборудования.

Выводы:

1. Лазерная закалка является эффективным методом упрочнения режущего инструмента, позволяющим повысить его стойкость благодаря улучшению эксплуатационных свойств – теплостойкости, износостойкости и микротвердости.

2. Назначение научно-обоснованного режима лазерной закалки позволяет повысить стойкость сверл до 2 раз.
3. Разработанной основой для промышленного внедрения упрочнения режущего инструмента из быстрорежущих сталей на базе автоматизированных технологических комплексов, включающих в себя непрерывный CO₂ –лазер и манипулятор с ЧПУ.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Анализ безопасности и экологичности технического объекта для наглядности представим в виде таблиц 4.1 – 4.7

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Технологический процесс	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Материалы, вещества	Оборудование, техническое устройство, приспособление
Фрезерная	Фрезерование плоскости	Фрезеровщик	Охлаждающая эмульсия, стружка	Станок фрезерный

Таблица 4.2 - Типы рисков

Тип опасного и/или вредного фактора	Источник опасного и/или вредного фактора	Операция
1	2	3
Физические	Шпиндель и суппорт фрезерного станка	Фрезерная
Психофизические	Электрооборудование	

Таблица 4.3 – Способы и средства снижения негативных факторов

Опасный фактор	Средства индивидуальной защиты работника	Методы и средства защиты, снижения и устранения опасного вредного фактора
Движущиеся машины и механизмы	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, фартук для защиты от общих производственных загрязнений	Инструктаж, специальные ограждения
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием	Надежная изоляция электропроводки, наличие предохранителей
Повышенный уровень вибрации	Ботинки кожаные с защитным подноском	Применение демпфирующих опор
Перенапряжение анализаторов	отсутствуют	Перерывы увеличить
Острые кромки, заусенцы	Рукавицы комбинированные или перчатки с полимерным покрытием	Скругление острых углов, удаление заусенцев
Повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны	Очки защитные, СИЗОД	Пылесборники, вентиляция
Высокий уровень шума	Наушники	Шумовая защита при изготовлении оборудования

Таблица 4.4 – Опасные факторы пожара

Участок, подразделение	Класс пожара	Оборудование	Сопутствующие факторы проявления пожара	Опасные факторы пожара
Фрезерный	Е	Станок фрезерный	Повреждение проводки, вредные выбросы в атмосферу	Высокая температура, задымленность, выделение ядовитых и канцерогенных паров при сгорании легкоплавких веществ

Таблица 4.5 – Средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Песок, пенный огнетушитель
Стационарные установки системы пожаротушения	Аэрозольная система пожаротушения
Мобильные средства пожаротушения	Пожарная мотопомпа
Пожарное оборудование	Пожарный шкаф
Средства пожарной автоматики	Прибор управления пожарный
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Извещатели пожарные
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Лопата совковая, багор, ведро

Продолжение таблицы 4.5

Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Респираторы, промышленные противогазы
--	---------------------------------------

Таблица 4.6 – Мероприятия по пожарной безопасности

Вид ТП	Требования по пожарной безопасности	Виды реализуемых мероприятий
ТП фрезерной обработки	<p>1. Формирование условий среды препятствующих распространению пламени, установка молниеотводов</p> <p>2. Хранение пожароопасных веществ в отдельном помещении.</p> <p>3. Установка молниеотводов</p> <p>4. Утилизация пожароопасных отходов.</p> <p>5. Концентрация легковоспламеняющихся веществ в допустимых пределах.</p>	<p>1. Обучение сотрудников действиям во время пожара.</p> <p>2. Организация пожарной охраны</p>

Таблица 4.7 – Негативные экологически факторы

Вид ТП	Составляющие технического объекта	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу	Воздействие объекта на атмосферу
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
ТП фрезерной обработки	Шпиндель и суппорт фрезерного станка	–	-	Пары СОЖ

В ходе выполнения данного раздела выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления корпуса подшипников, разработаны мероприятия по их устранению и снижению их влияния на работника. Проведен анализ пожарной безопасности на участке по изготовлению детали и выбор средств пожаротушения. Приведены результаты анализа по обеспечению экологической безопасности технического объекта.

5. Экономическая эффективность работы

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

На фрезерной операции 025 применяется:

- обрабатывающий центр, модель ИРМ500МФ4;
- тиски машинные, упор;
- сверло.

Совершенствование данной операции позволило сократить основное и штучное время ее выполнения. При данных условиях основное время операции составляет 1,37 мин., а штучное – 1,6 мин.

Используя методику определения капитальных вложений [10] была определена сумма инвестиций, которая составила 60402,34 руб.

Используя методику расчета технологической себестоимости [10], была определена величина данного показателя по сравниваемым вариантам. Итоговое значение было получено путем суммирования таких значений, как:

- основная заработная плата рабочих;
- начисления на заработную плату;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Значения описанных параметров по сравниваемым вариантам выполнения операции 025 представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что они все имеют тенденцию к уменьшению, что положительно сказывается на итоговой величине технологической себестоимости, которая снижается на 16,5% и в проектируемом варианте технологического процесса изготовления корпуса подшипников составит 12,48 руб.

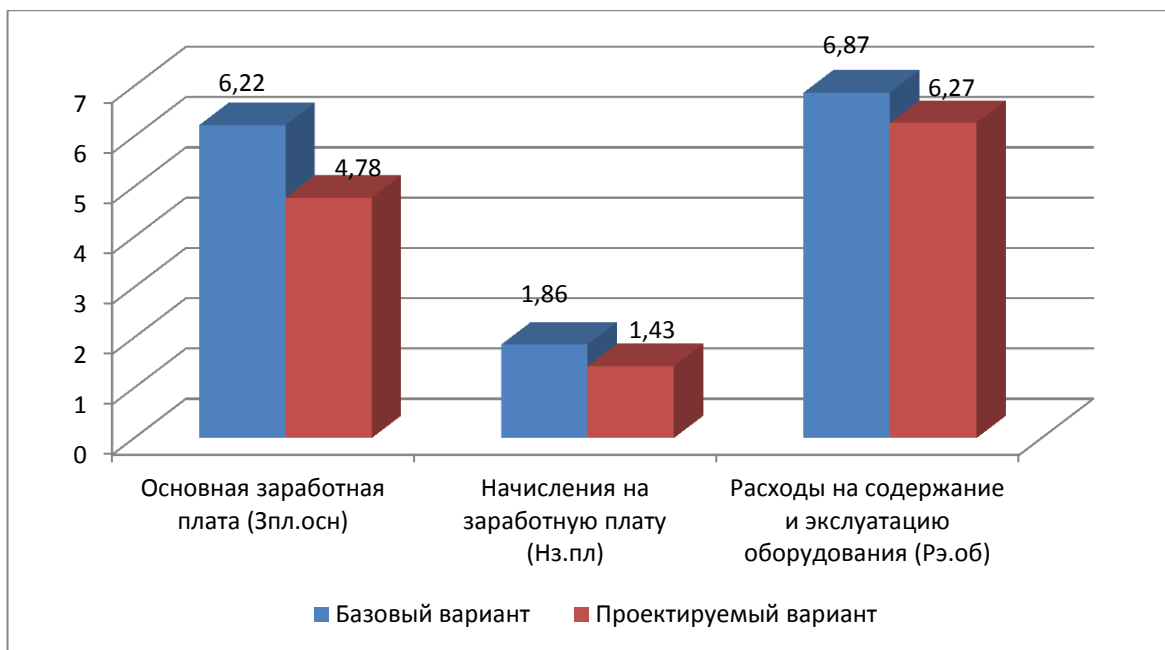


Рисунок 5.1 – Показатели, входящие в технологическую себестоимость детали «Корпус подшипников», по сравниваемым вариантам, руб.

Учитывая полученные значения технологической себестоимости, по методике калькулирования себестоимости [10] была определена полная себестоимость выполнения операции 025 (рисунок 5.2).

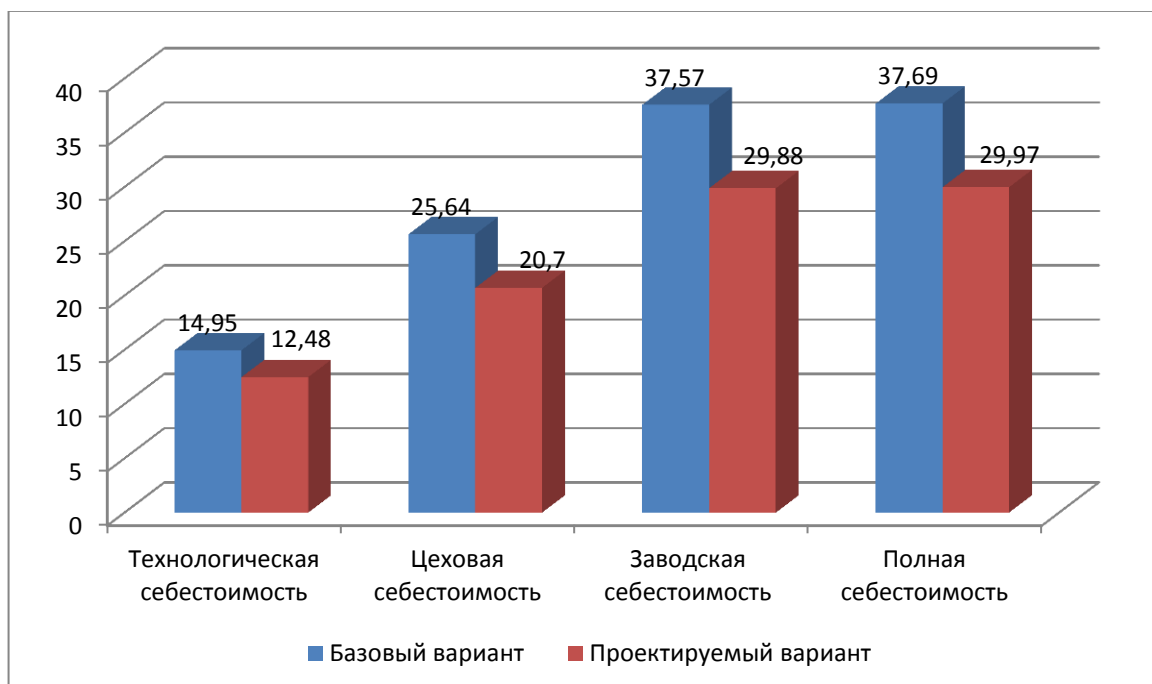


Рисунок 5.2 – Калькуляция себестоимости по вариантам технологического процесса выполнения операции 025, руб.

Как видно из рисунка, полная себестоимость составила в базовом варианте – 37,69 руб., а в проектируемом – 29,97 руб. Изменения по данному параметру составит 20,5%.

Благодаря такой разнице, предприятие может получить чистую прибыль в размере 30880 руб., что окупит предполагаемые инвестиции, в объеме 60402,34 руб., в течение 3-х лет. Данное значение срока окупаемости является основанием для того, чтобы предлагаемые совершенствования считать эффективными. Но для полноты формулируемых выводов, были проведены расчеты по определению величины чистого дисконтируемого дохода (интегрального экономического эффекта), который составляет 10127,58 рублей. «Так как значение ЧДД (Эинт) > 0 , то проект считается эффективным и поэтому определяется индекс доходности» [10]. Его величина составила 1,17 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе бакалаврской работы выполнены все необходимые проектные и конструкторские расчеты, проведены необходимые исследования и т.д. Более подробно, по разделам, достигнуты следующие результаты:

- по разделу «Введение» - исследована актуальность и сформулирована цель данной работы;

- по первом разделу - исследованы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;

- по второму разделу – проведена разработка технологического процесса;

- по третьему разделу – проведены исследования по повышению стойкости осевого инструмента;

- по четвертому разделу - исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;

- по пятому разделу – исследована величина экономической эффективности разработанной технологии, экономический эффект составляет 10127,58 рублей;

Таким образом, можно сказать, что цель настоящей бакалаврской работы - разработка технологического процесса изготовления корпуса подшипников с минимальной себестоимостью достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Барановский, Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю.В. Барановский. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1995 г., 320 с.

2 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов. / А.П. Белоусов.; 3-е изд., перераб. И доп.– М.: Высш.школа, 1980, 240 с.

3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990.

4 Боровков, В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990.

5 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.

6 Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.

7 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.

8 ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартинформ, 2010. – 35 с.

9 Добрыднев, И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения" / И.С. Добрыднев, - М: Машиностроение 1985, 184 с.

10 Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова, – Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12 Нефедов, Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах: Учеб. Пособие для техникумов 2-е изд. перераб. и доп./ Н.А. Нефедов, 76 - М.: Высш. Школа, 1986-239 с.

13 Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту Учеб. Пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент" 4-е изд. перераб. и доп. / Н.А. Нефедов, - М., Машиностроение, 1984 г.- 400 с.

14 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.

15 Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2/ А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. - М: Машиностроение-1, 2001 г., 944 с.

16 Станочные приспособления: Справочник. В 2-х кн. Кн. 1./ Б.Н. Вардашкин; под ред. Б.Н. Вардашкина [и др.]; - М.: Машиностроение, 1984.

17 Таймингс, Р. Машиностроение. Режущий инструмент. Карманный справочник. Пер. с англ. 2-е изд. Стер./ Р. Таймингс, – М.: Додэка-XXI, 2008, - 336 с.

18 Ткачук, К.Н. Безопасность труда в промышленности / К.Н. Ткачук [и др.] – К. Техника, 1982, 231 с.

19 Davim, J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).

20 Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining. Springer, 2017. — 82 p.

21 Davim, J. Paulo (editor). Machining. Fundamentals and Recent Advances. London: Springer, 2008, - 361 pages.

22 Jackson, Mark. Machining with Abrasives Springer, New York, 2011. 439 p. ISBN 978-1-4419-7301-6;

23 Klocke, F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.

24 Linke, B. Life Cycle and Sustainability of Abrasive Tools Springer, 2016. — XVII, 265 p. — ISBN 978-3-319-28345-6; ISBN 978-3-319-28346-3 (eBook).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Маршрутная карта

Дубл. Взам. Подп.	Лист 2																				
	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□											
□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□											
Корпус □																					
Обозначение документа □																					
Аз	Цех	Уч.□	РМ□	Опер.□	Код, наименование операции			Проф.□	Рр	УТ□	КР□	КОИД□	ЕН□	ОП□	Кшт.□	Грн.□	Грн.□				
Бз	Код, наименование оборудования										СМ□	Проф.□	Рр	УТ□	КР□	КОИД□	ЕН□	ОП□	Кшт.□	Грн.□	Грн.□
А01□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
Б02□	381825	XXXX	Обрабатывающий центр ИРМ500МФ4□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
03□	Тиски-машинные; Сверло; Калибр-пробка; Шаблон□										□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
04□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
05.0□	□	□	□	□	030□	4269	Сверлильная	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
06.0□	381825	XXXX	Обрабатывающий центр ИРМ500МФ4□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
07□	Тиски-машинные; Сверло; Калибр-пробка; Шаблон□										□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
08□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
09□	□	□	□	□	035□	4269	Фрезерная	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
10□	381825	XXXX	Фрезерный станок 6А59□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
11□	Тиски-машинные; Фреза торцовая; Калибр-скоба; Шаблон□										□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
12□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
13□	□	□	□	□	040□	4230	Плоскошлифовальная	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
14□	XXXXXX	XXXX	Плоскошлифовальный станок 3760□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
15□	Стол магнитный, круг шлифовальный; Калибр-скоба; Шаблон□										□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
16□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
17□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
18□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
МК□											□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Операционные карты

