

Аннотация

Технологический процесс изготовления шестерни храпового механизма. Бакалаврская работа. Тольятти. Тольяттинский государственный университет, 2020.

В бакалаврской работе представлена технология изготовления шестерни храпового механизма для условий среднесерийного производства.

Ключевые слова: деталь, заготовка, план обработки, технологическое оснащение, режимы резания, приспособление, специальный инструмент, безопасность и экологичность проекта, экономическая эффективность.

При выполнении бакалаврской работы получены следующие результаты:

- проанализированы исходные данные для проектирования техпроцесса детали;
- разработан технологический процесс;
- разработан специальный инструмент на базе литературных исследований;
- разработано специальное зажимное приспособление;
- разработано специальное контрольное приспособление;
- исследованы мероприятия по безопасности и экологичности проекта;
- исследована величина экономической эффективности разработанной технологии.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку в размере 53 страниц, содержащую 21 таблицу, 8 рисунков, и графическую часть, содержащую 6,5 листов.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных	5
1.1 Служебное назначение детали.....	5
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 и его стратегии	9
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.3. Проектирование заготовки.....	11
2.4 Разработка ТП изготовления детали.....	13
2.5 Выбор средств технического оснащения.....	14
2.6 Разработка технологических операций	17
3 Расчет и проектирование специального приспособления и инструмента	19
3.1 Расчет и проектирование станочного приспособления	19
3.2 Расчет и проектирование контрольного приспособления.....	21
3.3 Совершенствование режущего инструмента.....	22
4. Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
4.3 Методы и средства снижения рисков.....	34
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	35
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	36
4.6 Заключение по разделу.....	37
5 Экономическая эффективность работы.....	38
Заключение.	43
Список используемых источников.....	44

Приложение А Маршрутная карта.....	47
Приложение Б Операционные карты.....	49
Приложение В Спецификация.....	51

Введение

Сфера применения храповых механизмов различных типов и конструкций весьма широка. Чаще всего их используют в самом разнообразном станочном оборудовании. К примеру, без храповых механизмов с наружным храповым колесом не обходится практически ни один современный поперечно-строгальный станок. В продольно-строгальном оборудовании обычно используются механизмы с торцевыми храповыми муфтами. Их устанавливают в приводах подач. В конструкции некоторых круглошлифовальных станков применяются храповые механизмы с поршневыми приводами. Они монтируются в системах радиальных подач.

Помимо станкостроения храповые механизмы используются также в приборостроении, автомобилестроении, авиастроении. Их часто можно встретить в различных отсчетных устройствах, заводных механизмах, стартерах, лебедках, домкратах и т.п. Важнейшей деталью, обеспечивающей нормальную работу храпового механизма, является шестерня, которая имеет еще и название - храповик. Поэтому тема данной бакалаврской работы является актуальной.

В результате этого можно сформулировать цель бакалаврской работы в таком виде: разработка технологического процесса (ТП) шестерни храпового механизма с минимальной себестоимостью.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Деталь - «Шестерня храпового механизма» («Храповик») является составной частью храпового механизма, и предназначена для обеспечения прерывистого вращательного движения. Конструкция храповика предусматривает обеспечение преобразования возвратно-вращательного движения в однонаправленное вращательное прерывистое движение. Кроме этого, храповик работает в условиях надежной смазки. Указанные особенности конструкции храповика и храпового механизма, позволяют обеспечить значительные величины крутящих моментов на выходе, при незначительных размерах самого механизма. Данное обстоятельство обеспечивает компактность храпового механизма, при сохранении силовых и скоростных характеристик.

Выполнение данных условий, обеспечивается формой рабочих поверхностей и размерами детали. Кроме этого, обеспечение данных условий происходит за счет оптимально подобранной точности размеров, взаимного расположения поверхностей и шероховатости поверхностей.

Конструктивной особенностью детали - «Шестерня храпового механизма», является торцевое расположение зубьев шестерни храповика, для обеспечения надежной работы храпового механизма. Данные зубья являются важнейшей частью храпового механизма, прямым образом влияющая на качество и долговечность работы всего храпового механизма.

Материал детали - «Храповик» - Сталь 40Х, позволяет обеспечить работоспособность детали, с наименьшими затратами на материал. Данные о параметрах материала приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Параметры материала детали – Сталь 40Х.

Наименование параметра	Единица измерения параметра	Значение параметра
Предел прочности при растяжении	кгс/мм ²	98
Предел прочности при изгибе	кгс/мм ²	59
Плотность материала	Мг/м ³	7,82
Обрабатываемость	-	высокая
Твердость	НВ	150-160
Условный предел текучести	кгс/мм ²	78
Коэффициент ударной вязкости	кДж/м ²	59

Таблица 2 – Химический состав – Сталь 40Х.

Наименование элемента	Единица измерения	Значение
Углерод	%	около 0,34-0,44
Марганец	%	около 0,5-0,8
Кремний	%	около 0,035
Никель	%	около 0,3
Фосфор	%	около 0,035
Медь	%	около 0,3
Хром	%	около 0,8-1,1
Железо	%	остальное

1.2 Классификация поверхностей детали

Основываясь на общем виде детали с нумерацией поверхностей, приведенном на рисунке 1, расклассифицируем все поверхности детали, в соответствии с их служебным назначением. Данная классификация подразумевает распределение всех поверхностей по четырем характерным группам. Для удобства отображения информации представим данную классификацию в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Классификация по служебному назначению поверхностей детали

Наименование поверхностей	Номера поверхностей
Основные конструкторские базы	5,7

Продолжение таблицы 3

Наименование поверхностей	Номера поверхностей
Вспомогательные конструкторские базы	1
Исполнительные	6,11,12,13
Свободные	Остальные

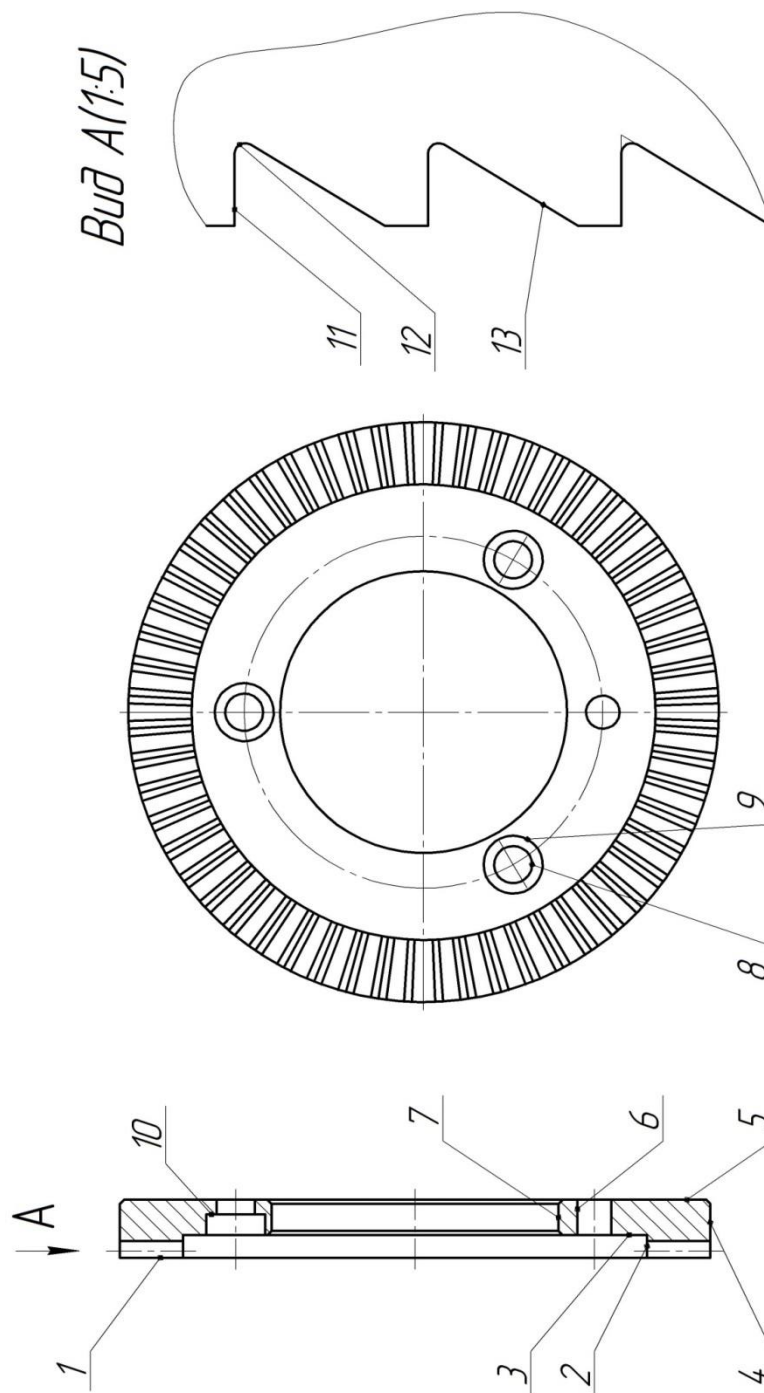


Рисунок 1 – Общий вид детали - «Храповик»

1.3 Технологичность детали

Исследование технологичности детали будем проводить, определяя соответствующие показатели по зависимостям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели технологичности детали

Наименование показателя	Расчетная зависимость	Расчет
Коэффициент унификации	$K_{у.э.} = Q_{у.э.} / Q_{э}$	$K_{у.э.} = 10 / 13 = 0,76$
Коэффициент использования материала	$K_{и.м.} = M_{д} / M_{з}$	$K_{и.м.} = 1,2 / 1,8 = 0,67$
Коэффициент точности	$K_{тч} = 1 - 1 / T_{ср}$	$K_{тч} = 1 - (1 / 8,2) = 0,86$
Коэффициент шероховатости	$K_{ш} = 1 / Ш_{ср}$	$K_{ш} = 1 / 3,12 = 0,31$

Вывод: Деталь - «Храповик», изготовленная из стали 40Х, соответствует всем требованиям по технологичности, является технологичной.

1.4 Задачи работы

Цель бакалаврской работы, ранее сформулированная в разделе «Введение», для своей реализации требует решения следующих задач:

- решить задачу анализа исходных данных, для проектирования технологического процесса;
- решить задачу выбора заготовки и ее проектирования;
- решить задачу по разработке технологического процесса;
- решить задачу проектирования приспособления и специального инструмента;
- решить задачу обеспечения мероприятий по охране труда;
- рассчитать экономический эффект работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Выбор типа производства и его стратегии

Определение типа производства по методике, предложенной в [17], позволяет сделать это быстро, используя минимум данных. Годовая программа выпуска деталей $N = 5000$ шт/год, масса детали $m = 1,2$ кг. Для данных приведенных выше, по таблице 4.2 [17] определяем тип производства, как среднесерийный.

Стратегия среднесерийного производства, принятая для данной детали подразумевает следующие основные характеристики:

- погрупповая расстановка оборудования;
- средняя квалификация рабочих;
- технологическая документация оформляется в виде маршрутной и операционных карт;
- припуски определяют расчетно-аналитическим и табличным методами;
- в качестве заготовки будет использоваться отливка или штамповка;
- режимы резания вычисляются по эмпирическим зависимостям;
- нормирование осуществляется по общемашиностроительным нормативам;
- тип применяемого оборудования – универсальный;
- тип применяемой оснастки – универсальный;
- тип применяемого инструмента – универсальный;
- тип применяемых средств контроля – универсальный;
- перемещение изделий между операциями – вручную, при большой массе – кран, погрузчик;
- коэффициент концентрации номенклатуры - 10-20;
- применение научных достижений – среднее.

2.2 Выбор метода получения заготовки

В качестве методов получения заготовки, в соответствии со стратегией, описанной в пункте 2.1, данной бакалаврской работы являются:

- штамповка;
- литье в землю.

Определение стоимости заготовок будем производить по методике [17]. Данные по расчету стоимости заготовок представлены в виде таблицы 5, приведенной ниже.

Таблица 5 – Расчет стоимости заготовок

Метод получения заготовки	Масса детали, кг	Масса заготовки, кг	Стоимость одного килограмма заготовки, руб.	Стоимость механической обработки, руб.	Стоимость одного килограмма отходов, руб.	Технологическая себестоимость изготовления заготовки, руб.
штамповка	1,2	1,8	27	3,57	1,4	19
литье в землю	1,2	2,4	66	7,14	1,4	84,5

Анализирую данные, представленные в таблице 5, можно сделать вывод о том, что в качестве метода получения заготовки для данной детали предпочтительнее всего выбрать метод штамповки, как более дешевый.

Тогда, условная годовая экономия будет определяться по формуле (1):

$$\mathcal{E} = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N \quad (1)$$

где C_{T_2} , C_{T_1} – технологические себестоимости изготовления заготовки для штамповки и отливки соответственно, руб.;

N – годовая программа выпуска заготовок, шт./год.

Подставим требуемые данные в формулу (1):

$$\mathcal{E} = (C_{T_2} - C_{T_1}) \cdot N = (84,5 - 19) \cdot 5000 = 327500 \text{ руб.}$$

Таким образом, применение в качестве метода получения заготовки – штамповкой, позволяет получить условную годовую экономию в размере – 327500 рублей.

2.3. Проектирование заготовки

Определение допусков и припусков для размеров штамповки будем производить в соответствии с таблицей 6, представленной ниже.

Таблица 6 – Проектирование штамповки

Размер детали, мм	Допуск на размер штамповки, мм	Припуск, мм
0-4	0,5	1,6
4-6	0,56	2,2
6-10	0,64	2,3
10-16	0,7	2,4
16-25	0,8	2,6
25-40	0,9	2,8
40-63	1	3
63-100	1,1	3
100-160	1,2	3
160-250	1,4	3

Исходя из данных таблицы 6, спроектирована конфигурация заготовки, представленная ниже на рисунке 2.

Для данной заготовки необходимо назначить следующие технические требования:

- термическая обработка - изотермический отжиг НВ 240 30;
- класс точности - Т3 по ГОСТ 7505-89 ;
- степень сложности - С1 по ГОСТ 7505-89;
- группа стали - М2 по ГОСТ 7505-89;
- штамповочные радиусы R2 max;

- штамповочные уклоны 5° ;
- поверхностные дефекты на обрабатываемой поверхности глубиной не более 0,5 фактического припуска;
- допускается смещение по линии разъема штампов не более 0.6 мм.

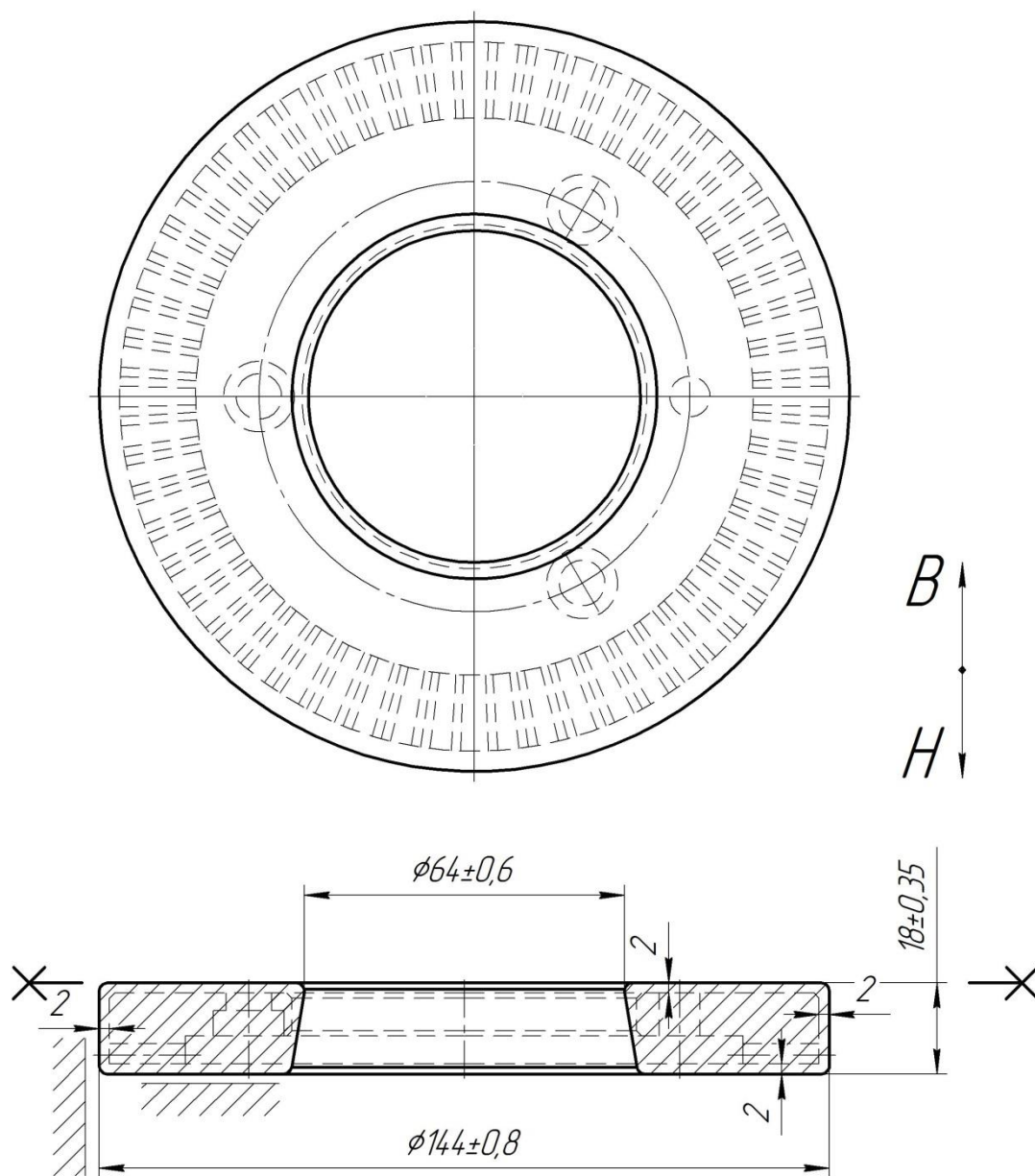


Рисунок 2 – Общий вид заготовки детали - «Храповик»

Чертеж штамповки представлен в графической части бакалаврской работы.

2.4 Разработка ТП изготовления детали

Разработку технологического процесса изготовления детали - «Храповик» будем производить в два этапа. На первом этапе, разработаем маршрут обработки отдельных поверхностей детали - «Храповик», данные по разработке данного маршрута приведем ниже в таблице 7.

Таблица 7 - Технологический маршрут изготовления поверхностей детали - «Храповик»

№ пов.	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Вид поверхности	Последовательность обработки
1	2,5	7	Плоская	Штамповка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка-Плоское шлифование
2	3,2	12	Цилиндрическая	Штамповка-Точение чистовое-Термообработка
3	12,5	12	Плоская	Штамповка-Точение чистовое-Термообработка
4	3,2	9	Цилиндрическая	Штамповка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка
5	2,5	7	Плоская	Штамповка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка-Плоское шлифование
6	3,2	9	Цилиндрическая	Штамповка-Сверление-Термообработка
7	2,5	7	Цилиндрическая	Штамповка-Точение черновое-Точение чистовое-Термообработка-Внутришлифовальная
8	3,2	9	Цилиндрическая	Штамповка-Сверление-Термообработка
9	3,2	9	Цилиндрическая	Штамповка-Цекование-Термообработка
10	3,2	9	Плоская	Штамповка-Цекование-Термообработка
11	3,2	9	Плоская	Штамповка-Зубострогание-Термообработка
12	3,2	9	Цилиндрическая	Штамповка-Зубострогание-Термообработка
13	3,2	9	Цилиндрическая	Штамповка-Зубострогание-Термообработка

Используя данные, по обработке отдельных поверхностей, представленные выше в таблице 7, можно перейти ко второму этапу разработки технологического процесса. Для систематизации и упорядочения сведений второй этап разработки технологического процесса представим в виде таблицы 8.

Таблица 8 - Технологический процесс изготовления детали - «Храповик»

№ операции	Номер перехода	Шероховатость R_a , мкм	Квалитет точности	Номера обрабатываемых поверхностей	Наименование операции
000	-	80	14	все	Заготовительная
010	1	12,5	12	1,7	Токарная
	2	3,2	9	1,7	
020	1	12,5	12	4,5	Токарная
	2	3,2	9	4,5	
	3	6,3	9	8	
	4	6,3	9	9,10	
	5	6,3	9	6	
030	-	3,2	9	11,12,13	Зубострогальная
040	-	3,2	9	4	Зубофасочная
050	-	-	-	все	Термическая
060	-	2,5	7	1	Плоскошлифовальная
070	-	2,5	7	5	Плоскошлифовальная
080	-	2,5	7	7	Внутришлифовальная
090	-	-	-	все	Моечная
100	-	-	-	все	Контрольная

Данные по разработке технологического процесса, представленные в таблице 8, будут использованы для проектирования элементов технологического процесса, в последующих разделах бакалаврской работы. План изготовления детали представлен в графической части бакалаврской работы.

2.5 Выбор средств технического оснащения

В соответствии со стратегией, описанной в пункте 2.1, данной

бакалаврской работы выбираем следующие типы средств технологического оснащения:

- тип применяемого оборудования – универсальный;
- тип применяемой оснастки – универсальный;
- тип применяемого инструмента – универсальный;
- тип применяемых средств контроля – универсальный.

Данные по выбору средств технологического оснащения представлены ниже в таблицах 9-12.

Таблица 9 - Выбор оборудования для изготовления детали - «Храповик»

№ операции	Наименование операции	Наименование оборудования
000	Заготовительная	Пресс штамповочный
010	Токарная	Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ TAKISAWA EX-308
020	Токарная	Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ TAKISAWA EX-308
030	Зубострогальная	Зубострогальный станок TMTW YK2312
040	Зубофасочная	Фрезерный станок SPECTR FU-5.2
050	Термическая	Печь шахтная
060	Плоскошлифовальная	Плоскошлифовальный станок L&W G-1545M
070	Плоскошлифовальная	Плоскошлифовальный станок L&W G-1545M
080	Внутришлифовальная	Внутришлифовальный станок Spitzen SIMG-80 SL410
090	Моечная	Камерная моечная машина
100	Контрольная	-

Таблица 10 - Выбор оснастки для изготовления детали - «Храповик»

№ операции	Наименование операции	Наименование оснастки
000	Заготовительная	Штамп
010	Токарная	Приспособление специальное
020	Токарная	Приспособление специальное
030	Зубострогальная	Приспособление специальное
040	Зубофасочная	Приспособление специальное
050	Термическая	-
060	Плоскошлифовальная	Тиски специальные
070	Плоскошлифовальная	Тиски специальные
080	Внутришлифовальная	Приспособление специальное
090	Моечная	-
100	Контрольная	-

Таблица 11 - Выбор инструмента для изготовления детали - «Храповик»

№ операции	Наименование операции	Наименование инструмента
000	Заготовительная	-
010	Токарная	Переход 1. Державки QS Coro Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC 25 x 25, с покрытием CVD TiCN+AL2O3+TiN Переход 2. Державки QS Coro Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC 25 x 25, с покрытием CVD TiCN+AL2O3+TiN
020	Токарная	Переход 1. Державки QS Coro Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC 25 x 25, с покрытием CVD TiCN+AL2O3+TiN Переход 2. Державки QS Coro Turn Prime для точения; Режущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC 25 x 25, с покрытием CVD TiCN+AL2O3+TiN Переход 3. Сверло CoroDrill® 460, диаметр 9 мм, с покрытием PVD TiAlN Переход 3. Цековка CoroDrill® 460, диаметр 14 мм, с покрытием PVD TiAlN Переход 5. Сверло CoroDrill® 460, диаметр 8 мм, с покрытием PVD TiAlN
030	Зубострогальная	Резец зубострогальный SANDVIC
040	Зубофасочная	Фреза концевая SANDVIC
050	Термическая	-
060	Плоскошлифовальная	Круг шлифовальный 1-400×120×100 91AF90L7B
070	Плоскошлифовальная	Круг шлифовальный 1-400×120×100 91AF90L7B
080	Внутришлифовальная	Круг внутришлифовальный 1-50×80×30 91AF90L7B
090	Моечная	-
100	Контрольная	-

Таблица 12 - Выбор средств контроля для изготовления детали - «Храповик»

№ операции	Наименование операции	Наименование оснастки
000	Заготовительная	-
010	Токарная	Штангенциркуль, микрометр
020	Токарная	
030	Зубострогальная	
040	Зубофасочная	
050	Термическая	-

Продолжение таблицы 12

№ операции	Наименование операции	Наименование оснастки
060	Плоскошлифовальная	Микрометр
070	Плоскошлифовальная	
080	Внутришлифовальная	
090	Моечная	-
100	Контрольная	Твердомер

2.6 Разработка технологических операций

Проведем разработку технологических операций технологического процесса изготовления детали. Данные по оборудованию и средствам оснащения приведены в таблицах 9-12 настоящей работы. Для определения режимов резания на операциях ТП воспользуемся методикой, приведенной ниже.

На операции №070 производится шлифование поверхности 7. Применяется инструмент – круг шлифовальный 1-400×120×100 91AF90L7В.

По данным таблицы 130 [6], определяем скорость круга v_k , м/с, скорость заготовки v_z , м/мин, глубину шлифования t , мм, радиальную подачу s_p , мм/об.

Глубина шлифования $t = 0,01$ мм, скорость круга $v_k = 30$ м/с, скорость вращения заготовки $v_z = 20$ м/мин, радиальная подача $s_p = 0,0025$ мм/об.

Рассчитываем эффективную мощность при шлифовании N , кВт, по формуле (2):

$$N = C_N \times v_3^r \times t^x \times b^z, \quad (2)$$

где C_N – коэффициент, учитывающий реальные условия резания,

r, x, z – показатели степени,

b – ширина шлифования, мм.

$$C_N = 0,14,$$

$$r = 0,8, x = 0,8, z = 1,0,$$

$$b = 40 \text{ мм.}$$

Подставляя полученные данные в формулу (2), определяем мощность резания при шлифовании:

$$N = 0,14 \times 20^{0,8} \times 0,01^{0,8} \times 40^1 = 1,76 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} = 4 \text{ кВт} > N = 1,76 \text{ кВт}$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что обработка возможна.

3 Расчет и проектирование специального приспособления и инструмента

3.1 Расчет и проектирование станочного приспособления.

Цель раздела – спроектировать универсально-сборное станочное приспособление по данным [13, 14].

Спроектируем станочное приспособление на операцию №070. Обработка ведется на плоскошлифовальном станке L&W G-1545M. Лимитирующим переходом по усилиям резания является шлифование поверхности 7.

Составляющие сил резания $P_{y,z} = 1942 \text{ Н}$.

При шлифовании поверхности сила P_z стремится развернуть заготовку относительно оси инструмента, создавая момент резания, определяемый по формуле (3):

$$M_{рез} = P_z \times l_{z(1)} \quad (3)$$

Повороту заготовки препятствуют сила закрепления W . Момент закрепления определяется по формуле (4):

$$M_3 = W \times l_{w''} \quad (4)$$

Приравнивая момент закрепления и момент резания, определяем величину силы зажима по формуле (5):

$$W_1'' = \frac{k \times P_z \times l_{z(1)}}{l_{w''} \times 2}, \quad (5)$$

где k – коэффициент запаса,

$$k = 2 \text{ [15, стр. 41].}$$

Подставляя полученные данные в формулу (5), определяем силу закрепления:

$$W_1'' = \frac{2 \times 1942 \times 140}{140 \times 2} = 971H$$

Действию горизонтальной силы P_y препятствует действие сил трения губок тисков T и T_1 . Сила зажима определяется по формуле (6):

$$W_1' = \frac{k \times P_y}{4 \times (f + f_1)}, \quad (6)$$

где f и f_1 – коэффициенты трения в контакте опор и прижимов,
 $f = f_1 = 0,3$ [14].

Подставляя полученные данные в формулу (6), определяем силу зажима:

$$W_1' = \frac{2 \times 897}{4 \times (0,3 + 0,3)} = 747,5H$$

Для дальнейших расчетов принимаем наибольшее значение силы зажима: $W = 971H$.

Для создания исходного усилия Q , используется роторный силовой привод А7020-4009, устанавливаемый на станине станка. В качестве альтернативного привода допускается ручной зажим при помощи динамометрического ключа с заданным усилием момента вращения.

Определяем момент закрепления по формуле (3):

$$M_3 = 971 \times 0,06 = 58H \times m$$

Проведем проверку расчетов по крутящему моменту привода:

$$M_3 \geq M_{пр}$$

$$58 H \times m \geq 24 H \times m$$

Приспособление зажимное содержит планшайбу 1, на которой установлен корпус 2. На корпусе 2 находятся плита подвижная 3 и плита неподвижная 4, соединенные между собой винтом ходовым 5. На плитах 3 и 4 закреплены призмы 6.

Приспособление работает следующим образом. Деталь устанавливают торцом на корпус 2. От роторного привода передается вращение винту ходовому 5, который в свою очередь за счет резьбового соединения перемещает плиту подвижную 3 к плите 4 до зажима детали призмами 6. При полном закреплении детали начинают обработку.

Чертеж зажимного приспособления представлен на соответствующем листе графической части бакалаврской работы.

3.2 Расчет и проектирование контрольного приспособления

Задача раздела – спроектировать контрольное приспособление для измерения твердости детали после термической обработки.

Спроектируем контрольное приспособления для измерения твердости детали после термической обработки[23]. Будем мерить твердость по методу Роквелла в соответствии с ГОСТ 9013-59. Схемы измерения и конструкция приспособления представлены на соответствующем листе графической части бакалаврской работы.

Погрешность испытательных нагрузок можно определить с помощью образцовых динамометров 3-го разряда ДОСМ-3-0,5У и ДОСМ-3-2У по ГОСТ 9500-84.

Вычислить относительную погрешность прибора по нагрузке можно по формуле (7):

$$\delta = (1,0197((1-L_0)/(L_1-L_0))-1)*100 \quad (7)$$

где δ – относительная погрешность прибора по нагрузке, %;

l – среднее арифметическое значение снимаемых показаний индикатора динамометра в мм;

L_1 – показание индикатора динамометра, взятое из его свидетельства, соответствующее точке 100 Н;

L_0 – показание индикатора ненагруженного динамометра, принятое за нуль, мм.

Погрешность предварительной нагрузки не должна превышать $\pm 2\%$.

3.3 Совершенствование режущего инструмента

Борштанга предназначена для установки, закрепления, а также направления режущих инструментов в процессе растачивания отверстия в заготовке. Борштанга может применяться для растачивания глубоких отверстий, резцом закрепленным в борштанге, при вращающейся заготовке. Борштанга, рисунок 3, содержит корпус 1, цилиндрический хвостовик 2, на котором имеется продольная лыска 3, для бокового зажима винтами стойки, в гнезде которой борштанга устанавливается и крепится. В отверстии корпуса борштанги расположен резец 4, который крепится с помощью винта 5. Резец расположен под углом 60° к оси борштанги.

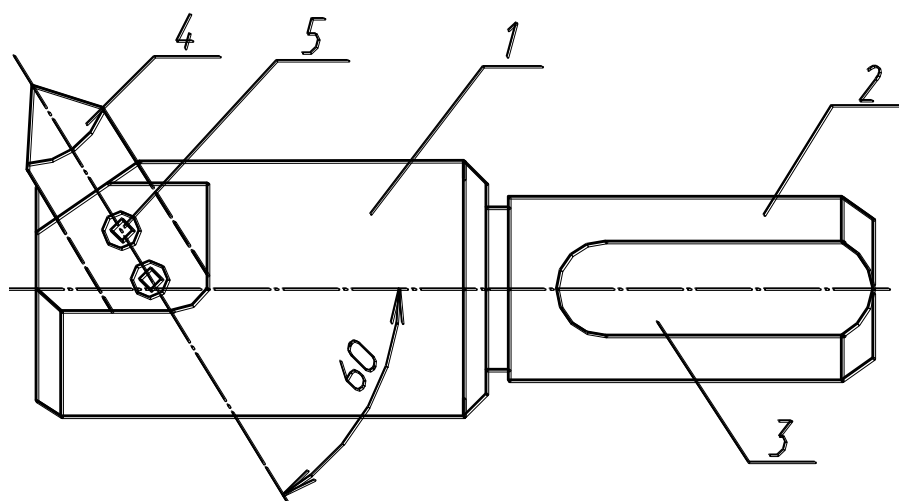


Рисунок 3 – Эскиз борштанги

Недостатком борштанги является, большие вибрации, возникающие в процессе резания, вследствие несовершенной конструкции корпуса борштанги и низкая стойкость режущей пластины.

Гашение вибраций борштанги достигается введением упругого элемента в ее конструкцию, как показано на рисунке 4 и в графической части бакалаврской работы на чертеже борштанги.

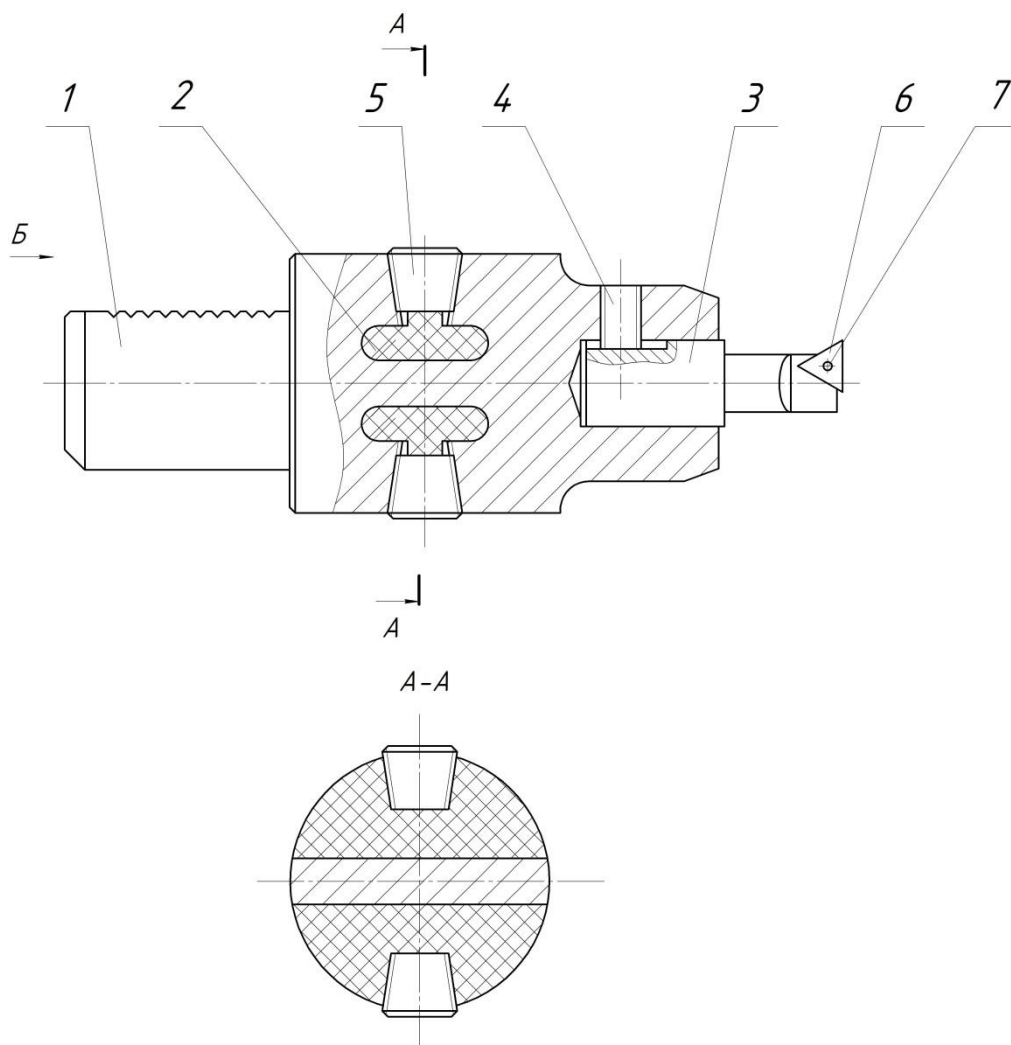


Рисунок 4 – Эскиз борштанги с упругим элементом

Проблема и низкой стойкости режущей пластины является более серьезной, для ее решения требуется проведение литературных исследований. В результате проведения литературных исследований найден

наиболее приемлемый в данных условиях подход к повышению стойкости режущих пластин. Данный подход подробно описан Ларсом Йонсоном, сотрудником «САНДВИК ИНТЕЛЛЕКТУАЛ ПРОПЕРТИ АБ» в патенте №2018126628, от 20.12.2016 года.

Сущность данного подхода к повышению стойкости инструмента заключается в следующем. Физическое осаждение из паровой фазы (PVD) представляет собой общеизвестный способ получения износостойких покрытий на подложке, например, твердом сплаве.

Эти покрытия находят применение в качестве режущих инструментов для обработки металлов резанием, таких как режущие пластины и сверла. Разработано несколько PVD-способов. Одним основным способом является способ катодно-дугового испарения.

Обычно используемые PVD-способы включают дуговое испарение, магнетронное распыление и ионное плакирование. Преимущества способа дугового испарения перед другими PVD-способами в общем включает лучшую адгезию к нижележащим подложке или слою, и более высокие скорости осаждения.

Однако в слоях, сформированных способом дугового испарения, обычно получают покрытия с большим количеством дефектов кристаллической решетки, которые при рассмотрении с увеличением сверху выглядят «размытыми», без любых признаков отдельных видимых кристаллических зерен. Дефекты, такие как точечные дефекты, приводят к повышенным остаточным сжимающим напряжениям в покрытии.

С другой стороны, в напыленных слоях могли бы получаться меньшая плотность дефектов, более высокая кристалличность, и иногда грани кристаллов на поверхности.

В способе дугового испарения ток дугового разряда подводится к металлической мишени или к мишеням, создающим пары или плазму металла внутри вакуумной камеры. Напряжение смещения подводится к подложке, тогда как мишень действует в качестве катодной поверхности.

Дуга зажигается, и создается небольшая площадь испускания, где испаренный материал катода уходит с катода с высокой скоростью в сторону подложки. При обычной конфигурации используется мишень или мишени из желательного металла или комбинации металлов, которые должны присутствовать в покрытии, и процесс осаждения выполняется в присутствии реакционного газа, в зависимости от того, какое соединение должно быть осаждено в виде покрытия. Обычно в качестве реакционного газа применяется азот, когда желателен нитрид металла, метан или этан для карбида металла, метан или этан вместе с азотом для карбонитрида металла, и дополнительно добавление кислорода для осаждения карбоксинитрида металла.

Напряжение смещения, подводимое к покрываемой подложке, может подаваться в режиме постоянного тока (DC) или в переменном во времени режиме. Переменный во времени режим может быть импульсным режимом, где напряжение варьирует во времени, например, так, что переменное напряжение смещения включается, и напряжение смещения отключается. Процентная доля «времени включения», то есть, времени, в течение которого смещение подводится, относительно общего времени для периода следования импульсов смещения во время осаждения, называется «рабочим циклом».

Частота напряжения смещения в импульсном режиме также может варьировать и обычно выражается в кГц. Хотя часто желательно поддерживать остаточное сжимающее напряжение в PVD-слое на определенном уровне, оно предпочтительно не должно быть слишком высоким вследствие опасности вредных влияний на адгезию к нижележащему слою или к подложке.

В области режущих инструментов для обработки металлов резанием обычно применяются (Ti,Si)N-покрытия. (Ti,Si)N представляет собой интенсивно изучаемую систему материалов. Например, авторы Flink и др.

описывают, что содержание Si является основным определяющим параметром для микроструктуры (Ti,Si)N-покрытий.

Для $x \leq 0,1$ (в $Ti_{1-x}Si_xN$) традиционное покрытие имеет столбчатую структуру, и в состоянии твердого раствора со структурой типа NaCl, тогда как для $x > 0,1$ рост изменяется на выращивание нанокompозита с наноколонками $Ti(Si)N$ в матричной фазе $Si(Ti)N_x$ (сетчатая фаза). Толщина сетчатой фазы зависит от содержания Si, но обычно составляет величину порядка 1-5 нм.

Существует непреходящая потребность в режущих инструментах с покрытием (Ti,Si) N, в которых покрытие имеет превосходные свойства в плане адгезии к подложке и устойчивости к скалыванию, и также превосходную износостойкость, такую как стойкость к луночному износу и/или сопротивление износу по задней поверхности.

Кроме того, существует потребность в осажденном дуговым испарением (Ti,Si)N-слоем, который, кроме имеющихся общих достоинств, обеспечиваемых осажденным дуговым испарением слоем, таких как хорошая адгезия к подложке, имеет к тому же низкий уровень дефектов кристаллической решетки, такой как низкая плотность точечных дефектов.

Под термином «рабочий цикл» подразумевается процентная доля времени, в течение которого напряжение смещения «включено», то есть, активно, во время всего периода следования импульсов («время во включенном состоянии» + «время в выключенном состоянии»).

Под термином «частота импульса смещения» подразумевается число полных периодов следования импульсов в секунду.

Термином «FWHM» обозначается «полная ширина на половине пика», которая представляет собой ширину, в градусах (2θ), пика рентгеновской дифракции на половине его максимальной интенсивности.

Термином «FWQM» обозначается «полная ширина на четверти пика», которая представляет собой ширину, в градусах (2θ), пика рентгеновской дифракции на четверти его максимальной интенсивности.

Теперь же неожиданно было обнаружено, что могут быть созданы PVD-слои из $(\text{Ti,Si})\text{N}$, имеющие более высокое содержание Si, в то же время по-прежнему остающиеся в состоянии твердого раствора, и тем самым не переходящие в nano кристаллическое состояние.

Данный подход применим к режущему инструменту с покрытием, содержащему подложку и покрытие, причем покрытие включает PVD-слой (A), который представляет собой соединение формулы $\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x\text{CaNbO}_c$, $0,10 < x \leq 0,30$, $0 \leq a \leq 0,75$, $0,25 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 0,2$, $a+b+c=1$, причем PVD-слой (A) представляет собой твердый раствор со структурой типа NaCl.

В формуле $\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x\text{CaNbO}_c$, должным образом $0,11 \leq x \leq 0,27$, или $0,12 \leq x \leq 0,25$, или $0,13 \leq x \leq 0,24$, или $0,14 \leq x \leq 0,23$, или $0,15 \leq x \leq 0,22$, или $0,16 \leq x \leq 0,22$, или $0,17 \leq x \leq 0,22$. В формуле $\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x\text{CaNbO}_c$, должным образом $0 \leq a \leq 0,5$, $0,5 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 0,1$, или $0 \leq a \leq 0,25$, $0,75 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 0,05$, или $0 \leq a \leq 0,1$, $0,9 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 0,02$, или $a=0$, $b=1$, $c=0$, $a+b+c=1$.

Присутствие твердого раствора со структурой типа NaCl в PVD-слое (A) может быть выявлено, например, анализом ТЕМ-изображений (Трансмиссионной Электронной Микроскопии), как показано на рисунке 5.

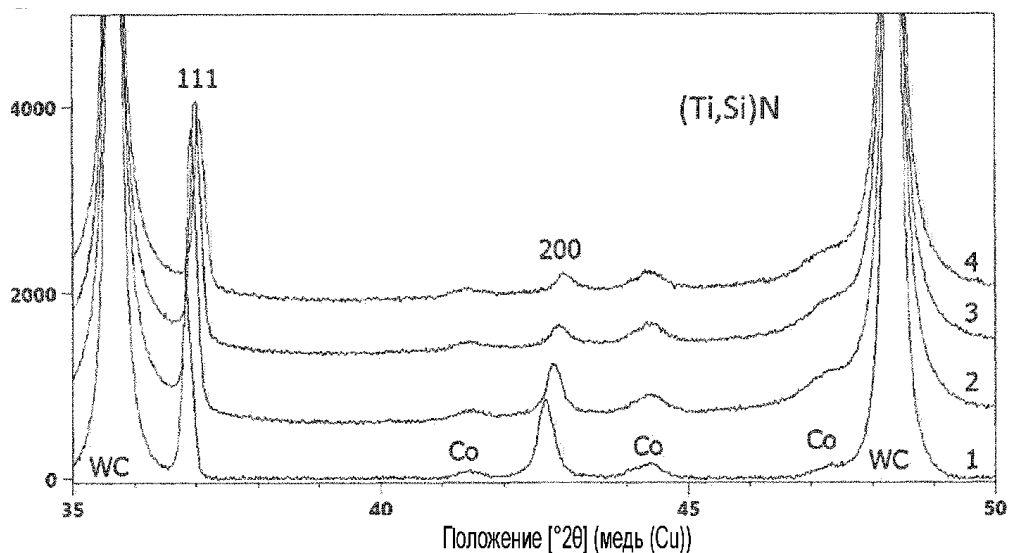


Рисунок 5 – Объединенные рентгеновские дифрактограммы для покрытий

Кроме того, данный подход применим к способу нанесения покрытия на подложку, причем покрытие включает PVD-слой (A), осажденный катодно-дуговым испарением, который представляет собой соединение формулы $Ti_{1-x}Si_xCaNbO_c$, $0,10 < x \leq 0,30$, $0 \leq a \leq 0,75$, $0,25 \leq b \leq 1$, $0 \leq c \leq 0,2$, $a+b+c=1$, и причем PVD-слой (A) представляет собой твердый раствор со структурой типа NaCl, PVD-слой (A) осаждается приложением импульсного напряжения смещения от около -40 до около -450 В к подложке, и с использованием рабочего цикла менее, чем около 12%, и частоты импульсного смещения менее, чем около 10 кГц.

В одном варианте исполнения рабочий цикл может быть менее чем около 11%. Кроме того, рабочий цикл может составлять от около 1,5 до около 10%, или от около 2 до около 10%.

В одном варианте исполнения рабочий цикл может быть менее чем около 10%. Кроме того, рабочий цикл может составлять от около 1,5 до около 8%, или от около 2 до около 6%.

На протяжении «времени в выключенном состоянии» потенциал должным образом является плавающим. Частота импульсного смещения может составлять более, чем около 0,1 кГц, или от около 0,1 до около 8 кГц, или от около 1 до около 6 кГц, или от около 1,5 до около 5 кГц, или от около 1,75 до около 4 кГц. Напряжение смещения в импульсном режиме может составлять от около -40 до около -450 В, или от около -50 до около -450 В.

Наиболее подходящий диапазон для напряжения смещения в импульсном режиме может варьировать в зависимости от конкретного используемого PVD-реактора.

В одном варианте исполнения напряжение смещения в импульсном режиме может быть от около -55 до около -400 В, или от около -60 до около -350 В, или от около -70 до около -325 В, или от около -75 до около -300 В, или от около -75 до около -250 В, или от около -100 до около -200 В.

В еще одном варианте исполнения напряжение смещения в импульсном режиме может быть от около -45 до около -400 В, или от около -50 до около -350 В, или от около -50 до около -300 В.

Напряжение смещения в импульсном режиме должным образом является однополярным. PVD-слой (A) должным образом осаждается при температуре камеры между 400 и 700°C, или между 400-600°C, или между 450-550°C. PVD-слой (A) должным образом осаждается в вакуумной PVD-камере, как раскрытой в патентном документе US 2013/0126347 A1, оснащенной катодными сборными узлами, где оба катода размещены с кольцеобразным анодом, помещенным вокруг них, и с использованием системы, создающей магнитное поле с силовыми линиями поля, выходящими из поверхности мишени и входящими в анод.

Давление газа во время осаждения PVD-слоя (A) может составлять от 0,5 до 15 Па, или от 0,5 до 10 Па, или от 1 до 5 Па.

Подложка может быть выбрана из группы спеченного карбида, металлокерамического материала, керамического материала, кубического нитрида бора и быстрорежущей стали.

Подложке должным образом придается форма режущего инструмента.

Режущий инструмент может быть режущей пластиной режущего инструмента, сверлом или твердой концевой фрезой, для обработки металлов резанием.

Описываемые здесь дополнительные возможные признаки PVD-слоя (A) имеют отношение как к PVD-слою (A), определяемому в режущем инструменте с покрытием, так и к PVD-слою (A), определяемому в способе.

Очень резкие пики дифракционной картины видны, когда выполняется рентгенодифракционный анализ PVD-слоя (A). Это означает высокую кристалличность.

Также должным образом получается предпочтительная вне плоскостная кристаллографическая ориентация (111). PVD-слой (A) должным образом имеет значение FWHM для пика (111) кубической

структуры в картине рентгеновской дифракции $\leq 0,4$ градуса (2тета), или $\leq 0,35$ градуса (2тета), или $\leq 0,3$ градуса (2тета), или $\leq 0,25$ градуса (2тета), или $\leq 0,2$ градуса (2тета), или $\leq 0,18$ градуса (2тета).

PVD-слой (A) должным образом имеет значение FWQM (полной ширины на четверти пика) для пика (111) кубической структуры в картине рентгеновской дифракции, составляющее $\leq 0,45$ градуса (2тета), или $\leq 0,4$ градуса (2тета), или $\leq 0,35$ градуса (2тета), или $\leq 0,3$ градуса (2тета).

PVD-слой (A) должным образом имеет значение FWHM для пика (200) кубической структуры в картине рентгеновской дифракции $\leq 0,5$ градуса (2тета), или $\leq 0,45$ градуса (2тета), или $\leq 0,4$ градуса (2тета), или $\leq 0,35$ градуса (2тета).

PVD-слой (A) должным образом имеет соотношение максимумов интенсивности пиков $I(111)/I(200)$ в картине рентгеновской дифракции, составляющее $\geq 0,3$, или $\geq 0,5$, или $\geq 0,7$, или $\geq 0,8$, или $\geq 0,9$, или ≥ 1 , или $\geq 1,5$, или ≥ 2 , или ≥ 3 , или ≥ 4 .

Максимумы интенсивности пиков $I(111)$ и $I(200)$, используемые здесь, а также пик (111), применяемый для определения значений FWHM и FWQM, представляют собой значения с удалением $\text{Cu-K}\alpha 2$.

PVD-слой (A) должным образом имеет остаточное напряжение, составляющее > -3 ГПа, или > 2 ГПа, или > 1 ГПа, или $> -0,5$ ГПа, или > 0 ГПа.

PVD-слой (A) должным образом имеет остаточное напряжение, составляющее < 4 ГПа, или < 3 ГПа, или < 2 ГПа, или $< 1,5$ ГПа, или < 1 ГПа.

Остаточное напряжение PVD-слоя (A) оценивается измерениями рентгеновской дифракции с использованием общеизвестного $\sin 2\psi$ -метода, как описано авторами I.C. Noyan, J.B. Cohen, Residual Stress Measurement by Diffraction and Interpretation, («Дифракционное измерение и интерпретация остаточного напряжения»), издательство Springer-Verlag, Нью-Йорк, 1987 (стр. 117-130). Также, например, в работе автора V Hauk, Structural and Residual Stress analysis by Nondestructive Methods («Анализ структуры и остаточного напряжения неразрушающими методами»), издательство

Elsevier, Амстердам, 1997. Измерения выполняются с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения на отражении (200). Применялся метод бокового наклона (ψ -геометрия) с ψ -углами от шести до одиннадцати, предпочтительно девятью ψ -углами, на равном расстоянии в пределах выбранного $\sin^2\psi$ -диапазона. Предпочтительным является эквидистантное распределение Φ -углов в пределах Φ -сектора 90° . Для подтверждения состояния биаксиального напряжения образец нужно поворачивать для $\Phi=0$ и 90° , в то же время наклоняя на угол ψ . Рекомендуется исследовать возможное присутствие напряжений сдвига, и поэтому должны быть измерены как отрицательные, так и положительные ψ -углы. В случае 1/4-маятника Эйлера это выполняется измерением образца также при $\Phi=180$ и 270° для различных ψ -углов. Измерение должно проводиться на настолько плоской поверхности, насколько возможно, предпочтительно на боковой стороне режущей пластины режущего инструмента. Для расчетов значений остаточного напряжения должны применяться коэффициент Пуассона, $\nu=0,22$, и модуль Юнга, $E=447$ ГПа. Данные оцениваются с использованием имеющегося в продаже на рынке пакета программ, такого как DIFFRACPlus Leptos, версия 7.8, от Bruker AXS, предпочтительно определяющего положение отражение (200) аппроксимацией по псевдофункции Войта. Общее значение напряжения рассчитывается как среднее из полученных биаксиальных напряжений.

PVD-слой (A) должным образом включает ограниченные кристаллические зерна на своей поверхности. Под ограниченными, здесь подразумевается, что на зернах имеются плоские грани.

Ограниченные кристаллические зерна PVD-слоя (A) должным образом занимают $>50\%$, или $>75\%$, или $>90\%$, площади поверхности PVD-слоя (A).

Толщина PVD-слоя (A) должным образом составляет от 0,5 до 20 мкм, или от 0,5 до 15 мкм, или от 0,5 до 10 мкм, или от 1 до 7 мкм, или от 2 до 5 мкм.

PVD-слой (А) должным образом представляет собой осажденный дуговым распылением слой. PVD-слой (А) должным образом осаждается способом приведенным выше. В одном варианте исполнения покрытие включает самый внутренний связующий слой, например, из TiN, CrN или ZrN, ближайший в подложке. Толщина связующего слоя может составлять от 0,1 до 1 мкм, или от 0,1 до 0,5 мкм.

В одном варианте исполнения покрытие включает самый внутренний связующий слой, например, из TiN, CrN или ZrN, ближайший в подложке. Толщина связующего слоя может составлять от 0,1 до 1 мкм, или от 0,1 до 0,5 мкм.

Самый внутренний связующий слой может быть осажден с использованием иных технологических параметров, нежели использованные для осаждения PVD-слоя (А), например, DC-смещения, вместо импульсного смещения, причем такой самый внутренний связующий слой может иметь по существу такой же элементный состав, как и PVD-слой (А).

Подложка режущего инструмента с покрытием может быть выбрана из группы спеченного карбида, металлокерамического материала, керамического материала, кубического нитрида бора и быстрорежущей стали.

Режущий инструмент с покрытием может представлять собой режущую пластину режущего инструмента, сверло или твердую концевую фрезу, для обработки металлов резанием.

Приведенный выше способ позволяет существенно увеличить стойкость режущей пластины борштанги, тем самым решая задачу увеличения производительности обработки.

4. Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Характеристики рассматриваемого технического объекта

Характеристики рассматриваемого технического объекта приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технологический паспорт технического объекта

Операция	Должность работника	Обработка	Оборудование	Материалы, вещества
Токарная	Токарь	Точение профиля	Патрон, токарный станок	Охлаждающая эмульсия, стружка

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 14 содержит результаты идентификации профессиональных рисков.

Таблица 14 – Профессиональные риски

Операция	Опасный производственный фактор	Источник опасного производственного фактора
Токарная	Заусенцы, шероховатость, острые кромки на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Заготовка, станок, СОЖ, приспособление, инструмент
	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части оборудования	
	Передвигающиеся заготовки	
	Высокая температура	
	Высокий уровень вибраций	

Продолжение таблицы 14

Операция	Опасный производственный фактор	Источник опасного производственного фактора
Токарная	Высокий уровень шума	Заготовка, станок, приспособление, инструмент
	Высокая монотонность	

4.3 Методы и средства снижения рисков

Результаты данного раздела приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Методы и средства устранения (снижения) воздействия опасных производственных факторов

Опасный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного фактора	Средства индивидуальной защиты
Заусенцы, шероховатость, острые кромки на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи по охране труда, удаление острых кромок и заусенцев	Перчатки с покрытием из полимера
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части оборудования; передвигающиеся заготовки	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, защитные очки
Высокая температура	Инструктажи по охране труда, применение защитных кожухов, экранов, ограждений	Спецодежда, перчатки с покрытием из полимера
Высокий уровень вибраций	Инструктажи по охране труда, установка оборудования на виброгасящие опоры, сокращение времени контакта с поверхностями подверженными вибрации	Резиновые виброгасящие коврики
Высокий уровень шума	Инструктажи по охране труда, изоляция звукопоглощающими материалами наиболее акустически активных частей	Применение наушников или вкладышей

Продолжение таблицы 15

Опасный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного фактора	Средства индивидуальной защиты
Опасные факторы, электрического тока	Инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, применение предохранителей	Спецодежда
Динамические нагрузки, вызванные монотонностью	Соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	-

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблицах 16 – 18 представлен комплекс мер по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.

Таблица 16 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Механическая обработка	Токарный станок	Пожары класса В	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	Осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; воздействие огнетушащих веществ

Таблица 17 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты	Пожарный инструмент
Огнетушители, ящики с песком, багры, ломы	Автомобили или пожарные мотопомпы	Система пожаротушения аэрозолью	Извещатели; приборы приемно-контрольные; приборы управления; технические средства оповещения и управления эвакуацией	Пожарные рукава, арматура, гидранты	Респираторы, противогазы	Комплект универсального пожарного инструмента

Таблица 18 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
Технологический процесс изготовления храповика	Применение смазочно-охлаждающих жидкостей на базе негорючих составов, хранение ветоши в негорючем ящике, соблюдение правил электробезопасности	Наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения, проведение пожарных инструктажей

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Результаты данного анализа представлены ниже в таблицах 19,20. В данных таблицах описывается перечень экологических факторов, влияющих на производство, и приводятся пути устранения такого негативного влияния

Таблица 19 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
ТП изготовления храповика	Станок токарный	Масляный туман, пыль	Нефтепродукты, СОЖ, растворы технических жидкостей	Стружка, ветошь, металлолом, нефтепродукты, СОЖ, растворы технических жидкостей

Таблица 20 – Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления храповика
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение системы производственной вентиляции фильтрующими элементами.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Применение многоступенчатой системы очистки сточных вод
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Разделение жидких и твердых отходов. Утилизация отходов на специальных полигонах

4.6 Заключение по разделу

Выявлены наиболее значимые опасные и вредные факторы, возникающие в процессе изготовления детали, 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 определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

В рамках данной бакалаврской работы был разработан технологический процесс изготовления шестерни храпового механизма, которое кратко можно представить следующим образом:

- 000 операция – заготовительная;
- 010 и 020 операции – токарные;
- 030 операция – зубострогальная;
- 040 операция – зубофасочная;
- 060 и 070 операции – плоскошлифовальные;
- 080 операция – внутришлифовальная;
- 050, 090 и 100 операции, соответственно, термическая, моечная и контрольная.

Подробное описание применяемого оборудования, оснастки, инструмента и способа получения заготовки представлено в предыдущих разделах данной бакалаврской работы.

Учитывая особенности описанного технологического процесса, для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие действия:

- определение себестоимости изготовления детали по данному процессу;
- расчет капитальных вложений, необходимых для воплощения технологического процесса;
- определение срока окупаемости вложенных инвестиций;
- обоснование эффективности внедрения процесса.

Каждое из указанных действий, предполагает свою методику. Описание методик применяемых для выполнения описанных выше действий, представлено в таблице 21.

Таблица 21 – Методики, применяемых действий, необходимых для экономического обоснования разработанного технологического процесса

Действия по экономическому обоснованию	Применяемые методики
1. Определение себестоимости изготовления детали	1. «Расчет технологической себестоимости технологического процесса» [10, с. 17-19]. 2. «Калькуляция себестоимости обработки детали» [10, с. 19]
2. Расчет капитальных вложений	1. «Расчет капитальных вложений (инвестиций)» [10, с. 15-16]
3. Определение срока окупаемости	1. «Ожидаемая прибыль» [10, с. 20] 2. «Чистая ожидаемая прибыль» [10, с. 20] 3. «Срок окупаемости капитальных вложений» [10, с. 22]
4. Обоснование эффективности внедрения процесса	1. «Определение экономической эффективности проекта» [10, с. 22-23]

Используя, перечисленные в таблице 21, методики и программное обеспечение Microsoft Excel представим и опишем полученные значения по эффективности разработанного технологического процесса.

На рисунке 6 представлено долевое соотношение параметров, входящих в технологическую себестоимость изготовления детали.

Анализируя представленные на рисунке 7 данные, можно сделать вывод о том, что самой затратной статьёй являются расходы на материал, так как они составляют около 46 % от всей величины технологической себестоимости. Данная величина зависит от способа получения заготовки, ее массы и используемого материала. Второй, по величине, статьёй расходов являются расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом почти 35 % от всей величины технологической себестоимости. Превышение данной статьи над заработной платой обосновывается тем, что в технологическом процессе применяются импортные модели оборудования.

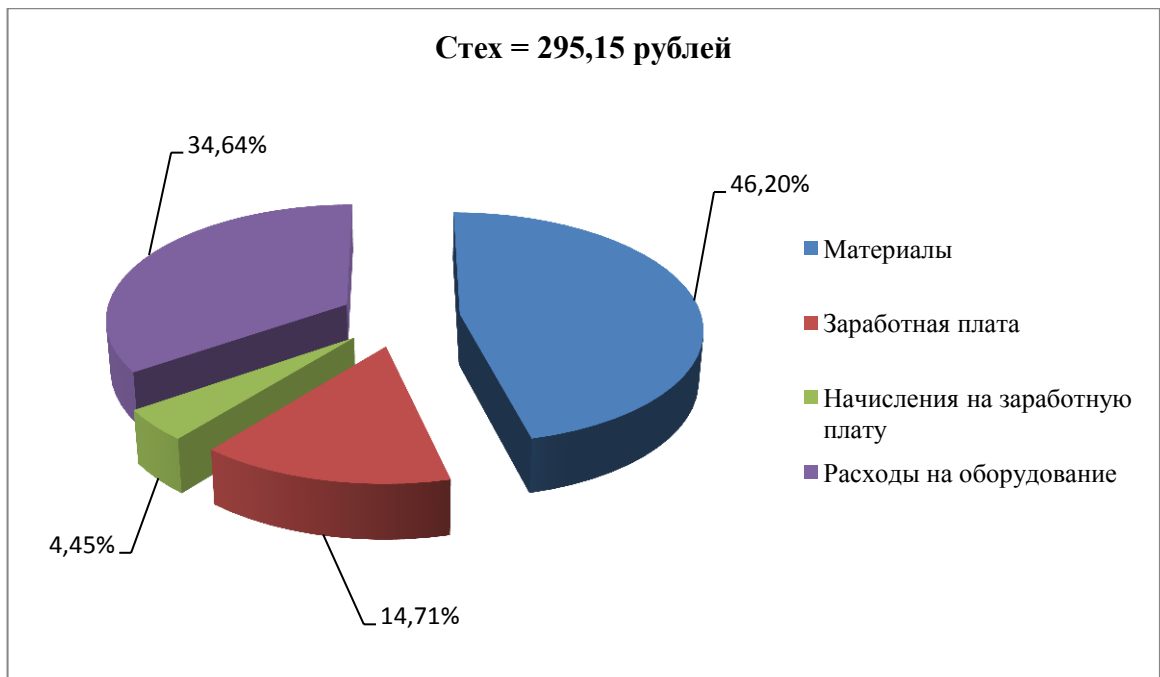


Рисунок 6 – Доли параметров, входящих в технологическую себестоимость

На рисунке 7 показана калькуляция себестоимости изготовления.

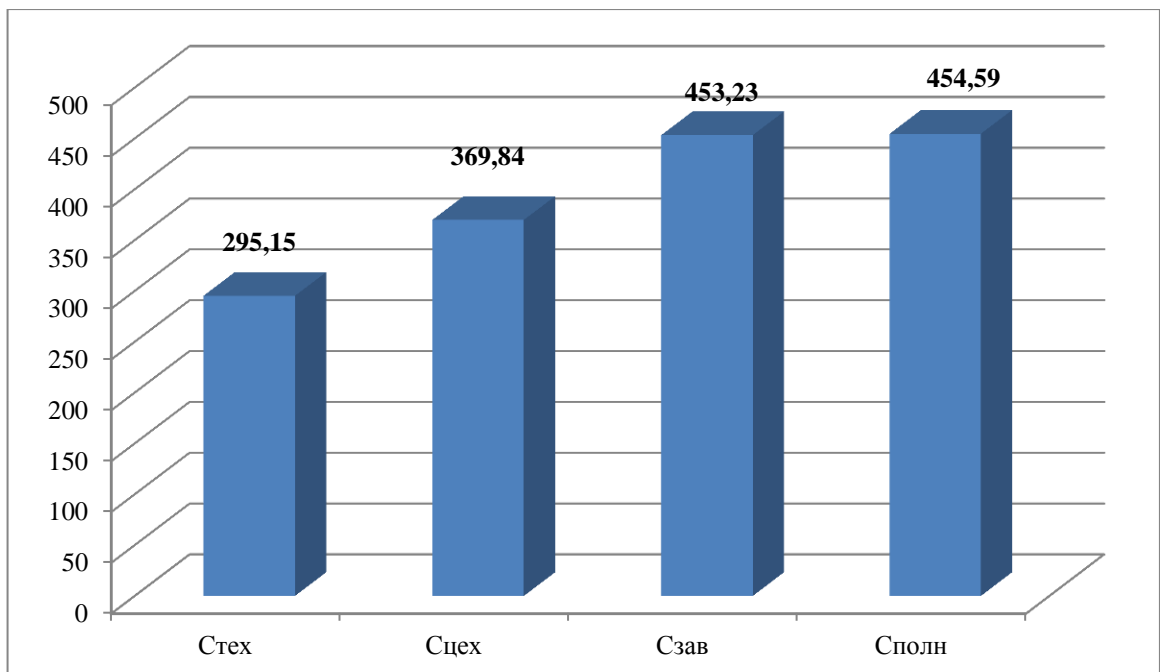


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости обработки детали, руб.

На рисунке 7 показана сформировавшаяся величина таких экономических параметров, как: технологическая ($C_{\text{ТЕХ}}$), цеховая ($C_{\text{ЦЕХ}}$), производственно-заводская ($C_{\text{ЗАВ}}$) и полная ($C_{\text{ПОЛН}}$) себестоимостей. Согласно представленным данным величина полной себестоимости составила 454,59 руб. за единицы, производимой по данному технологическому процессу, изделия.

На рисунке 8 представлены значения и их долевое соотношение, повлиявшие на величину капитальных вложений (инвестиций), необходимых для внедрения описанного технологического процесса.

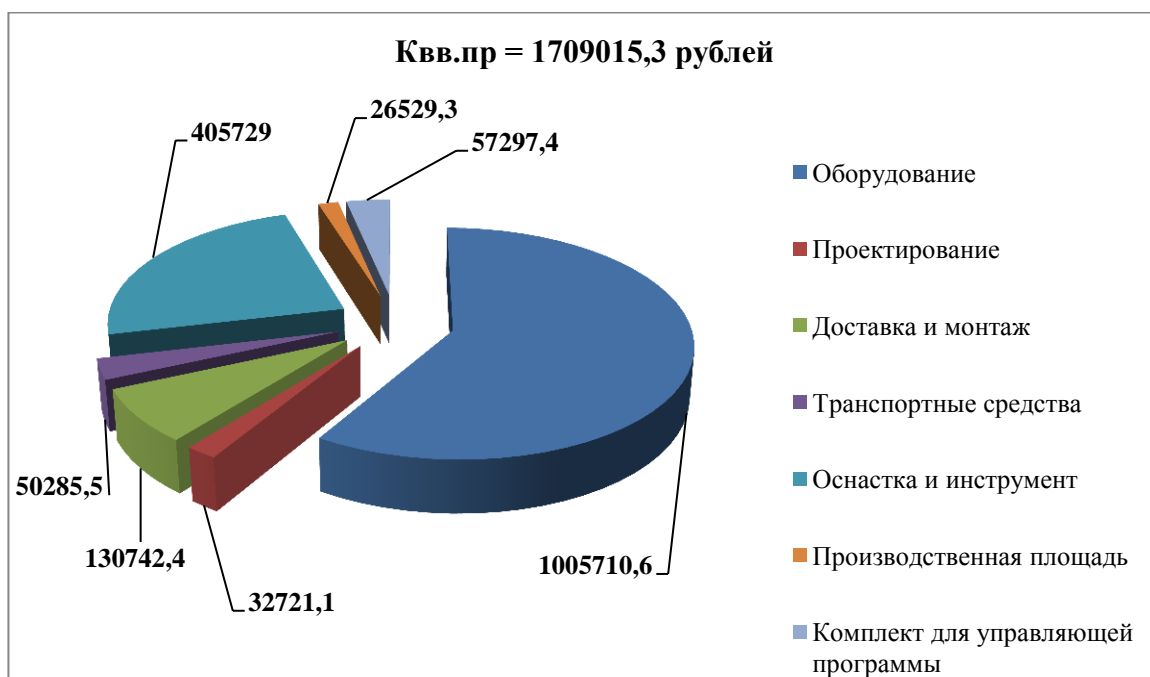


Рисунок 8 – Величина инвестиций и параметры, оказывающие на них влияние, руб.

Анализируя данные, представленные на рисунке 9, можно сделать вывод о том, что больше всего средств необходимо будет вложить в основное технологическое оборудование, величина которых составляет 1005710,6 руб. или 58,8 % и на оснастку и инструмент, с величиной инвестиций 405729 руб., что составляет 23,7 % от общих капитальных вложений в предложенный проект. Остальные параметры, не смотря на то, что тоже оказывают влияние

на конечную величину, являются незначительными, так как их величина в долевом соотношении составляет от 1,6 % до 7,7 % от общей величины.

Применяемая методика определения срока окупаемости [10, с. 20-22], позволила определить, что за счет заложенной рентабельности производства в 25 %, позволяющей получить 454590 руб. чистой прибыли, вложенные инвестиции окупятся в течение 4 лет. Это допустимый срок окупаемости для производственных процессов.

Методика определения экономической эффективности [10, с. 22-23] позволила получить значения таких параметров как: интегральный экономический эффект, составляющий 260996,5 руб. и индекс доходности с величиной 1,15 руб./руб. Анализируя полученные данные и описание рекомендуемых значений, можно сделать вывод об эффективности разработанного технологического процесса изготовления шестерни храпового механизма.

Заключение

При выполнении данной бакалаврской работы, согласно заданию, выполнены все разделы, произведены необходимые проектные и расчетные работы, выполнена графическая часть, в виде комплекта чертежей. Более конкретно:

- решена задача анализа исходных данных, для проектирования технологического процесса;
- решена задача выбора заготовки и ее проектирования;
- решена задача по разработке технологического процесса;
- решена задача проектирования приспособления;
- решена задача проектирования специального инструмента;
- решена задача по выполнению комплекта рабочих чертежей;
- решена задача обеспечения мероприятий по охране труда;
- определен экономический эффект работы, который составляет 260996,5 руб.

В результате этого можно сказать, что цель бакалаврской работы разработка технологического процесса изготовления шестерни храпового механизма 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.: (Высшая школа), 1980, 240 с.
- 3 Боровков, В.М. Разработка и проектирование чертежа штамповки. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 25 с.
- 4 Боровков В.М. Экономическое обоснование выбора заготовки при проектировании технологического процесса. Метод. Указания / В.М. Боровков, ТолПИ, 1990., 45 с.
- 5 Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбачевич, 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 процес-сов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.

11 Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7.

12 Научные основы технологии машиностроения : учебное пособие / А. С. Мельников, М. А. Тамаркин, Э. Э. Тищенко, А. И. Азарова ; под общей редакцией А. С. Мельникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 420 с. — ISBN 978-5-8114-3046-8.

13 Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0771-2.

14 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.

15 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.

16 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.

17 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.

18 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.

19 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.

20 Технология машиностроения [Электронный ресурс]: вопросы и ответы. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов/ — Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2015.— 88 с.

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

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

23 Alexander H. Slocum. Precision Machine Design. Society of Manufacturing Engineers, 1992, 750 p. - ISBN 0872634922, 9780872634923.

24 Bozina P. Vorrichtungen im Werkzeugmaschinenbau: Grundlagen, Berechnung und Konstruktion. Springer Berlin Heidelberg, 2013, 245 p. - ISBN3642327060, 9783642327063.

25 Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2Springer-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.

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

27 Manfred W, Christian B. Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme. Springer Berlin Heidelberg, 2006, 599 p. - ISBN 3540280855, 9783540280859.

Приложение А
Маршрутная карта

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3

Дубл.		Взам.		Подп.		Листов2		Лист1						
Разраб.		Провер.		Н.Контр		Утв.		ТТУ						
Резайкин		Воронов		Воронов		Логинев		Храповик						
М01		Сталь 40Х												
Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КИМ.	Код загод.	Профиль и размеры	К.Д	МЗ					
-	166	1,2			0,67		144×18	1	1,8					
А	Цех.	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гшт.
Б	Код, наименование оборудования													
А03						СМ								
Б04			000		XXXX Заготовительная									
05Т														
06														
07														
08О			010		4269 Токарная									
09Т	Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ TAKISAWA EX-308													
10	Приспособление специальное; Державки QS Сохо Turn Rippe для точения; Резущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC 25 x 25; Штангенциркуль													
11														
12О			020		4269 Токарная									
13Т	Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ TAKISAWA EX-308													
14	Приспособление специальное; Державки QS Сохо Turn Rippe для точения; Резущая пластина T-Max® P для точения SANDVIC 25 x 25; Штангенциркуль													
15														
16Q			030		Зубострогальная									
17Т	381825 XXXX Зубострогальный станок TMTW YK2312													
18	Приспособление специальное; Резец зубострогальный SANDVIC; Штангенциркуль													
19														
20Q			040		Зубофасочная									
21Т	Фрезерный станок SPECTR FU-5.2													
22	Приспособление специальное; Фреза концевая SANDVIC; Штангенциркуль													
23														
МК														

Продолжение Приложения В

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
										Формат	Зона
Перв. примен.											
							Документация				
Справ. №	A1					20.БР.ОТМП.748.75.000 СБ	Сборочный чертеж				
							Детали				
	A1	1				20.БР.ОТМП.748.75.001	Опора	4			
	A4	2				20.БР.ОТМП.748.75.002	Втулка	1			
	44	3				20.БР.ОТМП.748.75.003	Корпус	1			
	A4	4				20.БР.ОТМП.748.75.004	Болт	5			
	A3	5				20.БР.ОТМП.748.75.005	Кольцо	1			
	A3	6				20.БР.ОТМП.748.75.006	Маховик	1			
	A4	7				20.БР.ОТМП.748.75.007	Винт	1			
	A4	8				20.БР.ОТМП.748.75.008	Ствол	1			
	A4	9				20.БР.ОТМП.748.75.009	Наконечник	1			
	A4	10				20.БР.ОТМП.748.75.010	Крышка	1			
	A4	11				20.БР.ОТМП.748.75.011	Ограничитель	1			
	A1	12				20.БР.ОТМП.748.75.012	Шпиндель	1			
	A3	13				20.БР.ОТМП.748.75.013	Призма	1			
	A3	14				20.БР.ОТМП.748.75.014	Обойма	1			
	A4	15				20.БР.ОТМП.748.75.015	Втулка	1			
	A3	16				20.БР.ОТМП.748.75.016	Втулка	1			
	A3	17				20.БР.ОТМП.748.75.017	Прима	1			
	A3	18				20.БР.ОТМП.748.75.018	Рычаг	1			
	A3	19				20.БР.ОТМП.748.75.019	Винт	1			
	A3	20				20.БР.ОТМП.748.75.020	Втулка	2			
A3	22				20.БР.ОТМП.748.75.022	Планка	1				
						20.БР.ОТМП.748.75.000 СБ					
						Контрольное приспособление			Лит.	Лист	Листов
						ТГУ ТМбз-1502б			Д	1	2
Н.контр.		Воронов									
Утв.		Логинов									

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения В

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		23	20.БР.ОТМП.748.75.023	Рычаг	1		
		24	20.БР.ОТМП.748.75.024	Крышка	1		
		25	20.БР.ОТМП.748.75.025	Рычаг	1		
		26	20.БР.ОТМП.748.75.026	Продка	1		
		27	20.БР.ОТМП.748.75.027	Кронштейн	1		
		28	20.БР.ОТМП.748.75.028	Груз	1		
		29	20.БР.ОТМП.748.75.029	Болт	1		
		30	20.БР.ОТМП.748.75.030	Стенка	1		
		31	20.БР.ОТМП.748.75.031	Болт	1		
		32	20.БР.ОТМП.748.75.032	Серьга	1		
		33	20.БР.ОТМП.748.75.033	Шток	1		
		34	20.БР.ОТМП.748.75.034	Штанга	1		
		35	20.БР.ОТМП.748.75.035	Втулка	1		
		36	20.БР.ОТМП.748.75.036	Шпилька	1		
		37	20.БР.ОТМП.748.75.037	Шток	1		
		38	20.БР.ОТМП.748.75.038	Втулка	1		
		39	20.БР.ОТМП.748.75.039	Обойма	1		
		40	20.БР.ОТМП.748.75.040	Груз	1		
		41	20.БР.ОТМП.748.75.041	Груз	1		
		42	20.БР.ОТМП.748.75.042	Груз	1		
		43	20.БР.ОТМП.748.75.043	Винт	1		
		44	20.БР.ОТМП.748.75.044	Гайка	1		
		45	20.БР.ОТМП.748.75.045	Шайба	1		
		46	20.БР.ОТМП.748.75.046	Демпфер	1		
		47	20.БР.ОТМП.748.75.047	Штанга	1		
		48	20.БР.ОТМП.748.75.048	Планка	1		
		49	20.БР.ОТМП.748.75.049	Ручка	1		
		50	20.БР.ОТМП.748.75.050	Рукоятка	1		
		51	20.БР.ОТМП.748.75.051	Индикатор	1		
		52	20.БР.ОТМП.748.75.052	Индикатор	1		
Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата	20.БР.ОТМП.748.75.000 СБ		Лист
							2
Изм.	Лист	№ докум.	Подл.	Дата			

Копировал

Формат А4