

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)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления водила устройства контроля

Обучающийся

С.В. Цулая

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.А. Гуляев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

М.А. Кривова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

В предлагаемой выпускной квалификационной работе рассматриваются предпосылки разработки технологического процесса изготовления технического объекта и представляется технология изготовления детали водила. Работа проводилась в рамках учебного процесса в Тольяттинском государственном университете. Для проведения анализа технического объекта были заданы исходные данные, которые показаны в первом и втором разделах работы. В работе определена цель и задачи для ее достижения. В качестве решаемых задач в работе представлено проведение исследование базового технологического процесса изготовления заготовки для детали водила; проведение анализа преимуществ и недостатков применяемого на производстве технологического процесса; выбор оборудования и средств технологического оснащения в виде станочного и инструментального приспособлений; проведена подготовка технической и технологической документации в виде чертежей, технологических маршрутных карт, технологических операционных карт и спецификаций на составляющие элементы разработанных приспособлений; использована аддитивная технология для изготовления детали; рассмотрена возможность применения лазерной наплавки для восстановления изношенных в процессе выполнения служебного назначения поверхностей детали; применена термическая обработка для повышения прочности и износостойкости детали; проведен анализ известных методов, способов и подходов для решения поставленных задач; показана разработка мероприятий для повышения уровня безопасности и экологичности всего процесса в целом; проведены соответствующие экономические расчеты для доказательства эффективности предлагаемых технических и технологических изменений процесса изготовления детали. Результаты работы будут способствовать развитию выбранной области машиностроения и повышению эффективности и надежности в работе машин и механизмов.

Содержание

Введение.....	4
1 Проведение анализа технического объекта.....	6
1.1 Предпосылки для разработки технологического процесса	6
1.2 Постановка цели и задач работы	10
2 Моделирование технологии изготовления технического объекта	12
2.1 Разработка конструкторско-технологических мероприятий.....	12
2.2 Расчет технологической операции	25
3 Разработка средств технического оснащения	29
3.1 Научные исследования	29
3.2 Инструментальное средство технического оснащения.....	32
4 Безопасность технического объекта и его экологичность.....	35
5 Экономическая эффективность работы	39
Заключение	43
Список используемых источников.....	44
Приложение А. Технологическая документация.....	46

Введение

Факторами, подрывающими основы эффективного функционирования высокотехнологичных производственных процессов, выступают отклонения в размерах и несоответствия в качестве окончательной обработки соседних поверхностей. Изменение размеров без потери функциональности детали оказывается невозможным. Для повышения качества финишной обработки сопряженных поверхностей может быть эффективно улучшено техническое качество обработки. Однако при серийном выпуске продукции оптимальным решением станет применение высокоточного оборудования, обладающего возможностью выполнения обработки поверхностей с различной точностью в одном процессе [14].

Обозначим ключевые фазы проектирования и анализа используемой техники:

- Анализ конструкции и основных данных.
- Разработка схемы установочных операций.
- Выбор оборудования, инструментов и аксессуаров.
- Определение последовательности выполнения операций.
- Контроль качества сборки и проверка работы элемента.

Сборка компонента требует тщательности и строгого соблюдения всех процедурных стандартов, чтобы обеспечить безопасность будущего изделия.

При проектировании технологических процессов основополагающим является исключение избыточных цен из-за технологической наценки, неоправданных операций по распилу и корректировке деталей. Рациональное применение интегрированных инструментов, например, комбинированных сверл с функцией развертывания и зенкерования, является ключевым для сокращения трудозатрат и оптимизации темпов сборочного производства.

В рамках разработки компонентов активно используются стандартизованные режущие инструменты, что способствует оптимизации управления оборудованием через их возможность замещения друг друга,

сокращает расходы на покупку и обновление инструментария, а также упрощает процедуру его перезаточки. Впрочем, выбор сплава T15K6 для использования во время грубой токарной обработки вместо рекомендованного более пластичного сплава T14K8 приводит к сложностям. Дополнительно, отмечается проблема избыточного разнообразия в линейке токарных резцов.

Оборудование, задействованное в процессе резки, соответствует утвержденным производственным нормам. Осуществляется детальный анализ режущего инструмента в контексте всего технологического цикла. В этом анализе уделяется внимание классификации инструмента по степени его специализации – от общего (стандартного) до узкоспециализированного и специально разработанного. Также рассматривается плотность использования инструментов в течение определенной операции (установки), с последовательным перечислением этапов работы с каждым инструментом, и способы осуществления технологических переходов между различными инструментами в рамках одного агрегата [12].

В производственных циклах широко используются унифицированные режущие устройства для повышения скорости выполнения обрабатываемых операций и сокращения их экономических издержек. Параметры резания задаются на оптимальном уровне. Механическая обработка материалов осуществляется с применением смазочно-охлаждающих технических жидкостей, что позволяет достигать высоких скоростей резания, продлевая эффективный срок службы режущего инструмента и гарантируя заданную точность обработки.

В ходе выполнения работы были проведены моделирование и разработка концепции технологического процесса изготовления водила устройства контроля. При проектировании были использованы самые современные автоматизированные средства инженерных расчетов.

«Сателлиты 14 с другой стороны находятся в зацеплении с колесом центральным 16. Во втулке 2 на оси 15 располагаются сателлиты 14, которые находятся с зубчатым венцом водила 1 в зацеплении. Шайбы 12 и 13 устанавливаются на оси 10 и фиксируются гайкой 11. Пластина 9 закрепляется к рассматриваемой детали 1 с помощью винтов 8. Планка 7 располагается во втулке 5, расположенной на шейке водила 1 и фиксируется с помощью стопорного кольца 6. На шейке втулки 2 с помощью стопорных колец 2 и 4 происходит фиксация водила 1» [19].

«Материал для изготовления – это сталь 20Х ГОСТ 4543-2016. Состав в таблице 1.

Таблица 1 – Состав стали 20Х» [3]

Элемент	C	Cr	Mn	Ni	Si
%	0,4	0,45-0,75	0,5-0,8	1-1,4	0,17-0,37

«Физико-механические свойства материала соответствуют правильности его выбора и требованиям служебного назначения.

Проведем нумерацию и определим геометрическую форму поверхностей детали» [17]. На рисунке 2 показана нумерация поверхностей детали. Плоская поверхность 1 торец является ориентирующей поверхностью для компоновки составляющих элементов – относится к основным конструкторским базам; коническая поверхность 2 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 3 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 4 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 5 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 6 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 7 шейка является

ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; цилиндрическая поверхность 8 канавка является ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; плоская поверхность 9 шейка является ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; плоская поверхность 10 торец является ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; цилиндрическая поверхность 11 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность 12 торец является ориентирующей поверхностью для компоновки составляющих элементов – относится к основным конструкторским базам; коническая поверхность 13 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 14 отверстие является ориентирующей поверхностью для компоновки составляющих элементов – относится к основным конструкторским базам; коническая поверхность 15 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 16 эвольвента зубьев выполняет служебное назначение корпуса – относится к исполнительным поверхностям; цилиндрическая поверхность 17 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 18 отверстие выполняет служебное назначение корпуса – относится к исполнительным поверхностям; цилиндрическая поверхность 19 отверстие является ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; плоская поверхность 20 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 21 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность 22 является ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; коническая поверхность 23 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям;

плоская поверхность 24 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; плоская поверхность 25 торец является ориентирующей поверхностью для других деталей – относится к вспомогательным конструкторским базам; плоская поверхность 26 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям; цилиндрическая поверхность 27 конструктивно оформляет деталь – относится к свободным поверхностям.

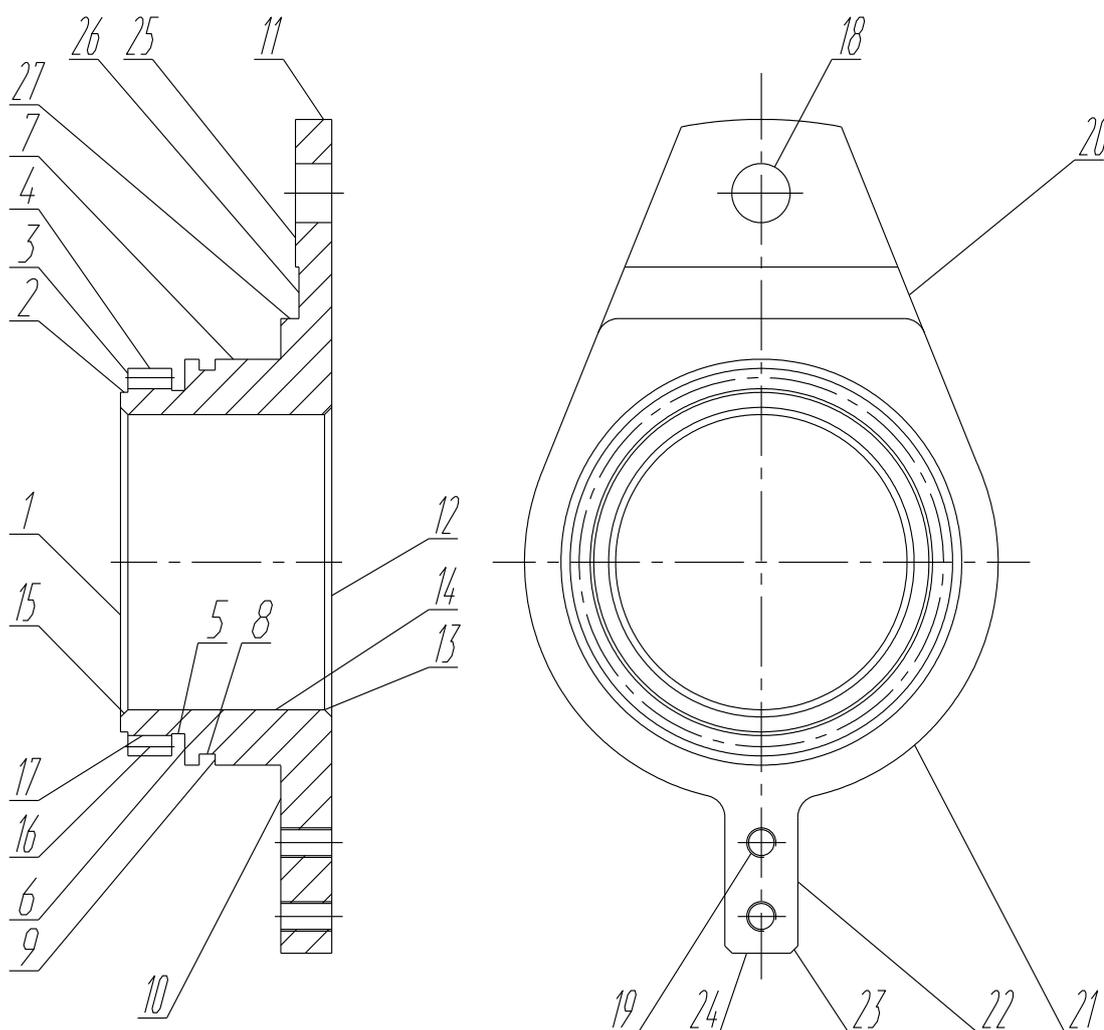


Рисунок 2 – Классификация поверхностей

С точки зрения удешевления продукта целесообразнее использование стали Х40, так как она имеет высокие прочностные показатели при низкой стоимости, легко обрабатывается резанием.

Сталь 20Х является нержавеющей сталью, относящимся к хромоникелевым сталям. Хром в составе стали образует защитную плёнку, устойчивую к воздействию агрессивных сред. Относится к легко поддающимся механической обработке, хотя не так легко, как углеродистая сталь 40Х. Обладает достаточной прочностью для применения в различных конструкциях.

В разрабатываемой детали есть уязвимая часть, которая интенсивнее всей остальной поверхности поддаётся механическому воздействию. Этой части детали необходимо уделить повышенное внимание, было бы целесообразней заменить материал детали со сталь 40Х на сталь 20Х, что и было правильным решением. Сталь 20Х обладает достаточной прочностью для работы в условиях нагрузки, характерной для детали. Она выдерживает изгибные и ударные нагрузки, возникающие при работе механизма.

Сталь 20Х легко обрабатывается резанием, что позволяет с высокой точностью изготовить деталь с необходимыми размерами и геометрией, позволяет обеспечить достаточную износостойкость детали без чрезмерного повышения хрупкости. Твёрдость стали 20Х позволяет обеспечить достаточную износостойкость детали без чрезмерного повышения хрупкости.

1.2 Постановка цели и задач работы

В работе необходимо рассмотреть предпосылки разработки технологического процесса изготовления технического объекта и представить технологию изготовления детали водила. Для проведения анализа технического объекта задать исходные данные, которые будут показаны во втором разделе работы. В работе определить цель и задачи для ее достижения. В качестве решаемых задач в работе провести исследование базового технологического процесса изготовления заготовки для детали водила; провести анализ преимуществ и недостатков применяемого на производстве технологического процесса; выбрать оборудование и средства

технологического оснащения в виде станочного и инструментального приспособлений; провести подготовку технической и технологической документации в виде чертежей, технологических маршрутных карт, технологических операционных карт и спецификаций на составляющие элементы разработанных приспособлений; использовать аддитивную технологию для изготовления детали; рассмотреть возможность применения лазерной наплавки для восстановления изношенных в процессе выполнения служебного назначения поверхностей детали; применить термическую обработку для повышения прочности и износостойкости детали; провести анализ известных методов, способов и подходов для решения поставленных задач; показать разработку мероприятий для повышения уровня безопасности и экологичности всего процесса в целом; провести соответствующие экономические расчеты для доказательства эффективности предлагаемых технических и технологических изменений процесса изготовления детали.

В разделе проведен анализ исходных данных, показана возможность реализации технологического процесса изготовления детали как цель работы, для чего поставлены задачи, решение которых будет представлено в следующих разделах.

2 Моделирование технологии изготовления технического объекта

2.1 Разработка конструкторско-технологических мероприятий

Для начала работы по изготовлению заготовки для детали необходимо выбрать метод её изготовления, таким образом, чтобы заготовка отвечала стандартам качества, при этом стоимость материала и метода изготовления, без потерь уровня прочности и долговечности, была минимальной. Наиболее подходящими являются прокат горячекатаный либо штамповка. Техно-экономические подсчёты горячекатаного проката в целом выгоднее в плане использования материала, но горячая объёмная штамповка на горизонтально-ковочных машинах является более экономичным методом изготовления данной заготовки, даже с учётом большего расхода выбранного материала.

Исходным конструкционным материалом, обладающим повышенными механическими свойствами, применяют стали. Для машиностроительной промышленности высоким спросом пользуются отливки из низкоуглеродистой стали. Сталь 20Х обладает оптимальными показателями текучести и температуры плавления, а также устойчива к образованию трещин в горячей отливке. С помощью литья изготавливают стальные отливки для проведения дальнейших операций.

Для производственного выполнения горячей штамповки необходим материал в виде стального прутка, который относится к наиболее распространённым и самым простыми в производстве. Стальные прутки изготавливаются на прокатных станах с вращающимися валками.

Сравним для экономического подтверждения предварительного выбора способа получения заготовки с помощью штамповки два метода получения заготовки – это прокат и штамповка. Масса детали 300 граммов и программа выпуска 20000 штук в год.

Определим размер партии запуска с помощью формулы

$$n = N \cdot \frac{b}{254}, \quad (1)$$

где b – периодичность запуска (24 дня);

N – объем выпуска по заданию.

В результате получим:

$$n = 20000 \cdot \frac{24}{254} = 2000 \text{ дет} \gg [17].$$

«Для определения массы заготовки M_{III} при штамповке будем пользоваться формулой

$$M_{III} = M_D \cdot K_P, \quad (2)$$

где M_D – масса детали, кг;

K_P равен 1,6.

$$M_{III} = 0,3 \cdot 1,6 = 0,48 \text{ кг} \gg [3].$$

«Массу заготовки, полученной с помощью проката, получим, используя формулу:

$$M_{ПП} = V \cdot \gamma, \quad (3)$$

где V – объем заготовки, мм³;

γ – плотность материала заготовки, кг/мм³» [3].

«Объем всех цилиндрических частей детали будет равен:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{ПП}^2 \cdot l_{ПП}. \quad (4)$$

$$V = \frac{3,14}{4} \cdot (122,8^2 \cdot 10,2 + 58,2^2 \cdot 22 - 37^2 \cdot 26,2 - 30^2 \cdot 6) = 146846$$

мм³

Масса заготовки из проката будет

$$M_{ПР} = 146846 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 4,7 \text{ кг} \gg [3].$$

«Принимаем штамповку.

Оптимальный метод получения заготовки будем определять по минимальной себестоимости:

$$C_D = C_3 + C_{МО} - C_{ОТХ}, \quad (5)$$

где стоимость C_3 – заготовки;

$C_{МО}$ – механической обработки;

$C_{ОТХ}$ – стружки» [3].

«При штамповке стоимость заготовки определяем по формуле:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (6)$$

где C_B – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$ – масса заготовки, кг;

Коэффициенты, которые учитывают:

K_T – точность;

$K_{СЛ}$ – сложность;

K_B – массу;

K_M – материал;

$K_{П}$ – серийность» [3].

«Примем C_B равным 10 руб./кг, K_T равным 1,0, $K_{СЛ}$ равным 1,0, K_B равным 2,0, K_M равным 1,5 и $K_{П}$ равным 1,0

Тогда

$$C_3 = 10 \cdot 0,48 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 28,75 \text{ руб.}$$

Стоимость обработки будем определять по формуле:

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_D) \cdot C_{УД} \quad (7)$$

где $C_{УД}$ – цена съема 1 кг материала, руб./кг» [3].

«Удельные затраты будем определять по формуле:

$$C_{уд} = C_C + E_H \cdot C_K. \quad (8)$$

Принимаем E_H равным 0,16, C_C равным 14,8 руб./кг и C_K равным 32,5 руб./кг.

$$C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{уд} = (0,48 - 0,3) \cdot (14,8 + 0,16 \cdot 32,5) = 17 \text{ руб.}$$

Так как $C_{ОТХ}$ является возвратной величиной, то

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} \quad (9)$$

$C_{ОТХ}$ равна 0,35 руб./кг. Тогда

$$C_{ОТХ} = (0,48 - 0,3) \cdot 0,35 = 0,063 \text{ руб.} \text{» [3].}$$

«Далее

$$C_{Д} = 45,75 \text{ руб.}$$

Прокат определяется по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (10)$$

где $C_{МПР}$ – стоимость 1 кг материала 13,5 руб./кг;

$C_{ОЗ}$ – отрезка, руб.» [3].

$$\text{«}C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (11)$$

где $C_{ПЗ}$ – затраты на рабочем месте 30,2 руб./ч.

$T_{ШТ}$ определяется по формуле:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (12)$$

где T_0 – машинное время, мин;

ϕ_K – коэффициент, учитывающий оснастку» [3].

«Примем ϕ_K равным 1,5, а T_0 будем определять по формуле:

$$T_0 = 0,19 \cdot d_{IP}^2 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

Штамповка:

$$K_{ИМ} = \frac{0,3}{0,48} = 0,625.$$

Прокат:

$$K_{ИМ} = \frac{0,3}{4,7} = 0,064.$$

Исходя из полученного результата, делаем вывод: штамповка выгоднее проката» [3].

Далее представим порядок обработки поверхностей, составляющих деталь.

Плоская поверхность 1 торец длиной 3 миллиметра и диаметром от 40 до 46 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно торец, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «тринадцатым качеством; точить начисто торец, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым качеством; провести термическую обработку и шлифовать начисто торец» [9], при этом достигается точность поверхностного слоя IT с восьмым качеством. Результативная шероховатость поверхности Ra 1,25 микрометра.

Коническая поверхность 2 длиной 6 миллиметров и диаметром 52,5 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым качеством; точить начисто, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с

десятым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 3 длиной 1,8 миллиметра и диаметром 46,5 миллиметра формируется при следующем порядке обработки: точить начисто, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 4 длиной 1 миллиметр и диаметром 46 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым квалитетом; точить начисто, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 5 длиной 3,25 миллиметра и диаметром от 46 до 52,5 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым квалитетом; точить начисто, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 6 длиной 2,2 миллиметра и диаметром 52 миллиметра формируется при следующем порядке обработки: точить начисто, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 7 шейка длиной 1,5 миллиметра и диаметром от 55 до 52 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начисто, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым квалитетом и провести

термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 8 канавка длиной 4,25 миллиметра и диаметром от 55 до 46,5 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начисто, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Плоская поверхность 9 шейка длиной 12,2 миллиметра и диаметром 55 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно шейку, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «тринадцатым квалитетом; точить начисто шейку, припуск 0,18 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом; провести термическую обработку и шлифовать начисто шейку» [9], при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым квалитетом. Результативная шероховатость поверхности Ra 1,25 микрометра.

Плоская поверхность 10 торец длиной 15,5 миллиметров и диаметром от 86 до 55 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно торец, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «тринадцатым квалитетом; точить начисто торец, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом; провести термическую обработку и шлифовать начисто торец» [9], припуск 0,18 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с восьмым квалитетом. Результативная шероховатость поверхности Ra 1,25 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 11 длиной 40 миллиметров и диаметром от 120 до 40 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «тринадцатым квалитетом; точить начисто, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с

десятым квалитетом; шлифовать начерно, припуск 0,18 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с девятым квалитетом; провести термическую обработку и шлифовать начисто, припуск 0,15 миллиметра» [9], при этом достигается точность поверхностного слоя IT с восьмым квалитетом. Результативная шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Плоская поверхность 12 торец длиной 7 миллиметр и диаметром 120 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно торец, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым квалитетом; точить начисто торец, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Коническая поверхность 13 длиной 1 миллиметр и конусностью $1 \times 45^\circ$ формируется при следующем порядке обработки: расточить начисто, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 14 отверстие длиной 6 миллиметров и диаметром 50 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: зенкеровать, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «седьмым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 2,5 микрометра» [9].

«Коническая поверхность 15 длиной 6 миллиметров и диаметром 47 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: зенкеровать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым квалитетом и провести термическую обработку» [9]. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 16 эвольвента зубьев длиной 29 миллиметров и диаметром 40 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: расточить начерно, при этом достигается точность

поверхностного слоя IT с «тринадцатым качеством; расточить начисто, припуск 0,18 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым качеством; шлифовать начерно, припуск 0,15 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с восьмым качеством; провести термическую обработку и шлифовать начисто» [9], при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым качеством. Результативная шероховатость поверхности Ra 2,5 микрометра.

Конусная поверхность 17 длиной 1 миллиметр и конусностью $1 \times 45^\circ$ формируется при следующем порядке обработки: расточить начисто, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым качеством и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 18 отверстие длиной 7 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: сверлить, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с двенадцатым качеством; развернуть, припуск 0,05 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым качеством; нарезать резьбу M4 и провести термическую обработку. Результативная шероховатость поверхности Ra 3,2 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 19 отверстие длиной 5 миллиметров и диаметром 8 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: сверлить, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «четырнадцатым качеством; зенкеровать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым качеством; расточить, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с девятым качеством; провести термическую обработку и шлифовать начисто, припуск 0,18 миллиметра» [9], при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым качеством. Результативная шероховатость поверхности Ra 2,5 микрометра.

Плоская поверхность 20 длиной 55 миллиметров и диаметром 10 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: фрезеровать,

при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым качеством и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 21 длиной 6 миллиметров и диаметром 50 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: зенкеровать, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым качеством и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 2,5 микрометра.

Плоская поверхность 22 длиной 4,25 миллиметра и диаметром от 55 до 46,5 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начисто, припуск 0,18 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым качеством и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Коническая поверхность 23 длиной 1 миллиметр и конусностью $1 \times 45^\circ$ формируется при следующем порядке обработки: расточить начисто, припуск 0,07 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с одиннадцатым качеством и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Плоская поверхность 24 длиной 7 миллиметр и диаметром 120 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым качеством; точить начисто, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым качеством и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Плоская поверхность 25 торец длиной 7 миллиметр и диаметром 120 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно торец, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым качеством; точить начисто торец, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя

IT с десятым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

Плоская поверхность 26 длиной 12,2 миллиметра и диаметром 55 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно шейку, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с «тринадцатым квалитетом; точить начисто шейку, припуск 0,4 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом; провести термическую обработку и шлифовать начисто шейку» [9], припуск 0,15 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с седьмым квалитетом. Результативная шероховатость поверхности Ra 1,25 микрометра.

Цилиндрическая поверхность 27 длиной 3,25 миллиметра и диаметром от 46 до 52,5 миллиметров формируется при следующем порядке обработки: точить начерно, припуск 1 миллиметр, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с тринадцатым квалитетом; точить начисто, припуск 0,18 миллиметра, при этом достигается точность поверхностного слоя IT с десятым квалитетом и провести термическую обработку. Итоговая шероховатость поверхности Ra 6,3 микрометра.

«Параметры при получении заготовки сведем в таблицу 2 и эскиз заготовки покажем на рисунке 3.

Таблица 2 – Параметры штамповки

Оборудование	Нагрев	Класс	Группа	Степень	Конфигурация	Индекс
КГШП	индукционный	T3	M1	C2	П	11

Расчет припусков на размер 40H7 проведем табличным методом [6] и покажем» [17] в таблице 3 и на рисунке 3.

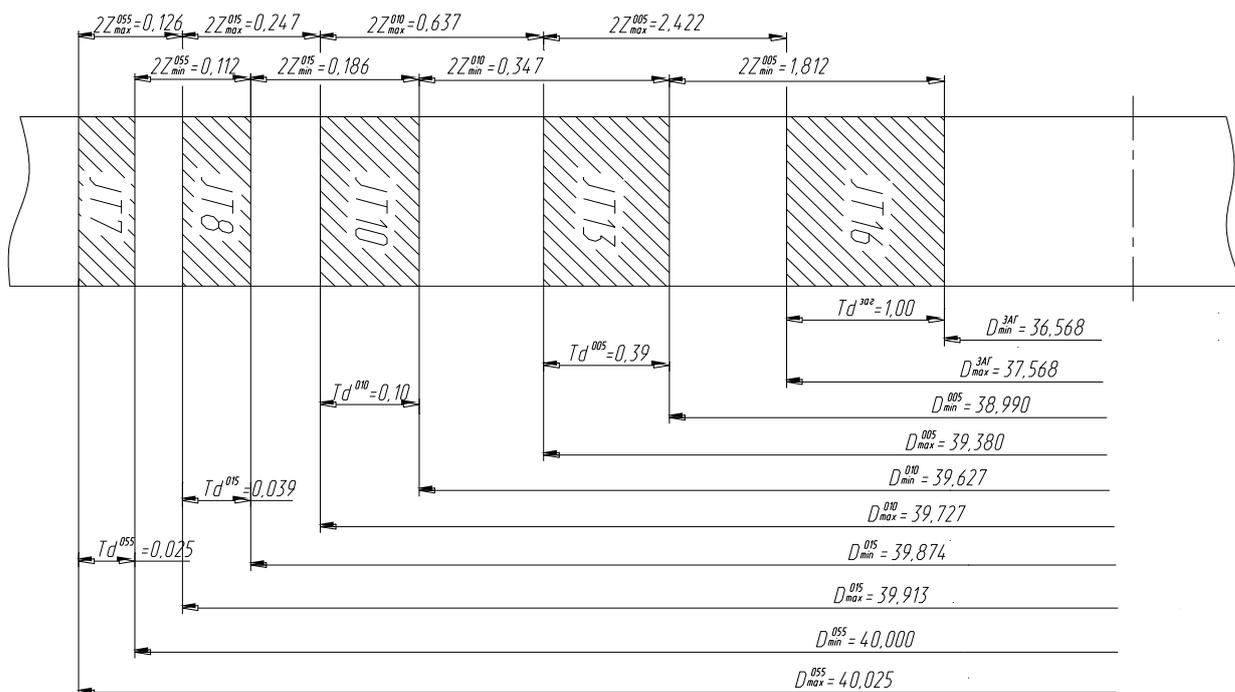


Рисунок 3 – Схема припусков на размер 40Н7

Таблица 3 – Расчет припусков

«Переход	Элементы припуска, мкм			Допуск, мкм	Размер, мм		Припуск, мкм	
	Rz	T	ρ		d_{min}	d_{max}	$2z_{min}^{np}$	$2z_{max}^{np}$
Штамповка	160	392	200	1000	37,568	36,568	-	-
Точение черновое	50	24	50	390	39,380	38,990	2,422	1,812
Точение чистовое	25	16	25	100	39,727	39,627	0,637	0,347
Шлифование черновое	10	8	20	39	39,913	39,874	0,247	0,186
Шлифование чистовое	5	3	10	25» [8]	40,025	40,000	0,126	0,112

Тогда эскиз заготовки можно представить в виде эскиза, который показан на рисунке 4.

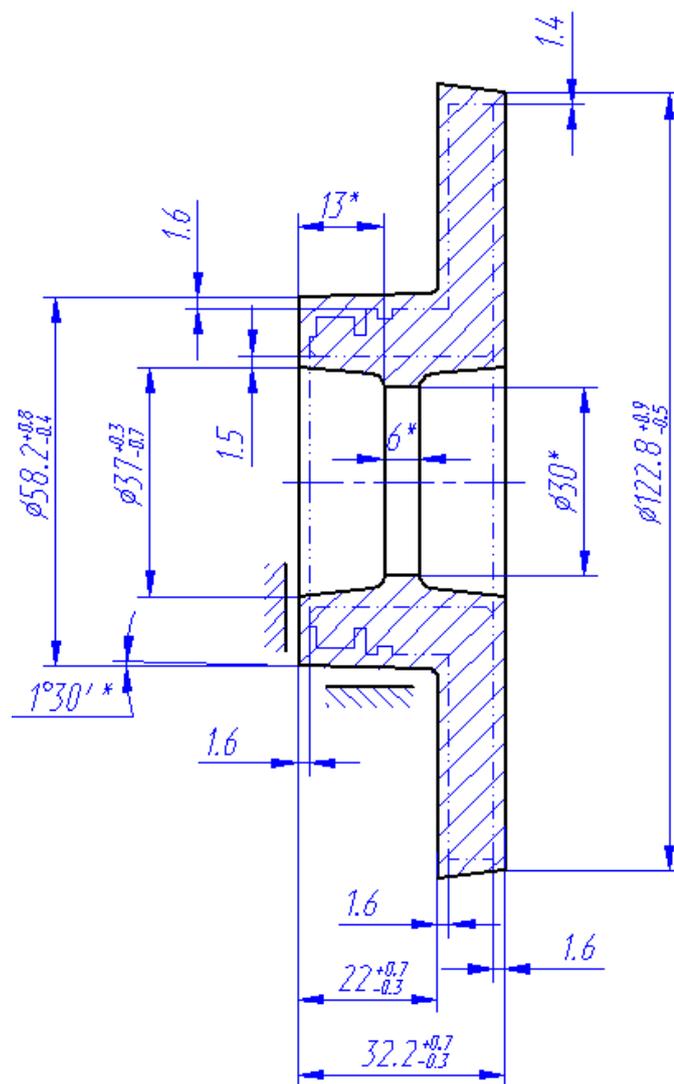


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

В таблице 4 показан выбор средств технологического оснащения.

Таблица 4 – СТО

«Номер операции	Инструмент; мерительное приспособление	Оборудование; технологическая оснастка
005, 010	проходной резец. пластина Т5К10 ОСТ 2И.101-83. расточной резец. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79» [2].	ТС16А20Ф3 с ЧПУ, патрон токарный ГОСТ 2675-80

Продолжение таблицы 4

«Номер операции	Инструмент; мерительное приспособление	Оборудование; технологическая оснастка
025	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. калибр-пробка ГОСТ 14807-69. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.	полуавтомат 3К227В, патрон мембранный
030	долбяк ГОСТ 9323-79 Р6М5К5. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.	полуавтомат 3К227В, СП ГОСТ 17205-71
035	центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5. спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5. цельный зенкер ГОСТ 12489-71 Р6М5К5. машинная развертка ГОСТ 1672-80 Р6М5К5. концевая фреза ГОСТ 17025-71 Р6М5К5. машинный метчик ГОСТ 3266-81 Р6М5К5. шаблон ГОСТ 2534-79. мерительное приспособление с индикатором.	2С150ПМФ4 с ЧПУ, СП ГОСТ 17205-71
060	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ 14827-69.	полуавтомат 3Б153Т, цанговый патрон ГОСТ 17200-71
065	шлифовальный круг ГОСТ Р 52781-2007. шаблон ГОСТ 2534-79. калибр-пробка ГОСТ 14827-69» [1].	полуавтомат 3К227В, мембранный патрон.

2.2 Расчет технологической операции

Расчеты производятся на основе известных алгоритмов и подходов к решению [3]. Определяем скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_U, \quad (14)$$

где «выберем базовую величину C_U равную 420;

время работы одной пластины T равное 60 мин;

табличные величины степеней: t равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,35;

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 1,74» [17].

«Для точения:

$$V_T = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,74 = 487,8 \text{ м/мин.}$$

Для растачивания:

$$V_P = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,74 \cdot 0,9 = 439,0 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (15)$$

При точении:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 487,8}{3,14 \cdot 120} = 1294 \text{ мин}^{-1}.$$

При растачивании:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 439}{3,14 \cdot 39,9} = 3503 \text{ мин}^{-1} \text{» [17].}$$

«Определим составляющие силы резания по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (16)$$

где C_P – коэффициент обработки равный 300 [17];

x, y, n – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

K_P – коэффициент коррекции» [17].

$$\text{«} K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (17)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,65, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

$$P_z = 97 \text{ Н.}$$

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (18)$$

$$N = \frac{97 \cdot 471}{1020 \cdot 60} = 0,75 \text{ кВт} \text{ [17].}$$

«Режимы резания заносятся в операционную карту в приложении А. Технологическая документация в таблице А.1. Численные значения расчетов норм времени на выполнение операций и расчетов режимов резания будем определять с помощью онлайн калькулятора «Sandvik Coromant» [18] и представим их в виде таблицы 5» [17].

Таблица 5 – Режимы выполнения операций и их нормирование

«Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Глубина резания, об/мин	Основное время, мин» [11]
«005	1	0,50	189,6	587	1,00	0,584
	2	0,50	194,9	1649	0,90	
010	1	0,50	220,5	1263	1,00	0,581
	2	0,50	189,6	587	1,00	
015	1	0,25	471,0	1294	0,40	0,597
	2	0,25	250,5	3503	0,40	
020	1	0,25	347,6	2790	0,42	0,789
	2	0,25	471,0	1287	0,42	
	3	0,10	116,8	890	4,30	
	4	0,10	130,6	796	1,70» [9]	
«025	1	6000 0,007	45,0	359	0,13	1,011
	2	6000 0,007	45,0	119	0,13	
030	1	0,20 0,036	15,3	2500	2,75	1,544

Продолжение таблицы 5

«Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Глубина резания, об/мин	Основное время, мин» [11]
035	1	0,60	25,1	414	7,00	5,140
	2	0,30	39,5	716	0,40	
	3	0,30	15,1	955	7,00	
	4	0,15	30,1	1857	0,40	
	5	0,10	15,7	2866	1,00	
	6	0,20	22,6	1150	3,60	
	7	0,50	15,2	620	0,25	
	8	0,90	9,9	443	0,10	
	9	0,10	18,2	1819	1,75	
	10	0,50	6,3	557	0,50» [9]	
«060	1	0,18	45,0	119	0,18	1,121
065	1	0,07	45,0	358	0,07	0,966
	2	0,07	45,0	119	0,07	
070	1	1000 0,005	25 м/с	-	0,150	1,461» [9]
	2	1000 0,005	25 м/с	-	0,05	

В разделе доказана возможность реализации технологического процесса изготовления детали как цель работы. Для чего была спроектирована технология изготовления детали. Получена необходимая техническая и технологическая документация, которая детально отражена в Приложении А. Технологическая документация в таблице А.1.

3 Разработка средств технического оснащения

3.1 Научные исследования

Испытания деталей производят с целью выявления соответствия техническим требованиям, а также конструкционному соответствию. Испытания производят в стационарных условиях на специально оборудованных стендах в эксплуатационной обстановке промышленного производства.

В процессе промышленных испытаний необходимо определить производительность при различных режимах работы, надёжность и долговечность детали, термические режимы эксплуатации, экономическую эффективность внедрения в производство. Объём и длительность испытаний, количество измеряемых величин, методы определения и проверки соответствующих параметров указывают в предварительно составленной документации. Особое внимание при испытании детали уделяется надёжности.

Данные знания, полученные при экспериментальных исследованиях, позволяют повышать качество готовой сборки и сокращать время их освоения.

Для проведения экспериментальных исследований подготавливаются средства необходимые для данных манипуляций.

- контактные механические датчики – контроль деталей и коррекция в процессе обработки;
- координатно-измерительные машины управляемые системами ЧПУ – отличаются высокой точностью измерений, но есть необходимость проведения испытаний в специальных условиях, например поддержанием необходимых температурных показателей;
- оптическая делительная головка - для измерения центральных углов
- лазерный интерферометр – для измерения длины и линейных перемещений;

- тензо-резисторный измерительный преобразователь крутящего момента.

«Алгоритм составляет часть общей процедуры моделирования всего процесса резания и может правильно функционировать только внутри такой процедуры. Это объясняется тем, что на каждом шаге моделирования по рассчитанным параметрам срезаемого слоя припуска вычисляется сила резания, которая, в силу замкнутости процесса, вызывает упругие деформации, приводящие на следующем шаге к изменению формообразующей траектории» [20]. «Кроме того, в самом алгоритме по рисунку 5 предусмотрено изменение заготовки по рассчитанным параметрам удаленного материала, а на последнем проходе, вычисляемая в процедуре поверхность заготовки и будет представлять поверхность обработанной детали» [10].

«Проиллюстрируем функционирование алгоритма для решения плоской задачи контурной 2-D обработки инструментом с цилиндрической исходной инструментальной поверхностью. На рисунке 6 представлено геометрическое взаимодействие инструмента 1 с заготовкой 2 при его движении по формообразующей траектории 3, а на рисунке 6 – блок-схема алгоритма процедуры расчета координат необходимых точек, определяющих параметры среза на каждом шаге моделирования» [10].

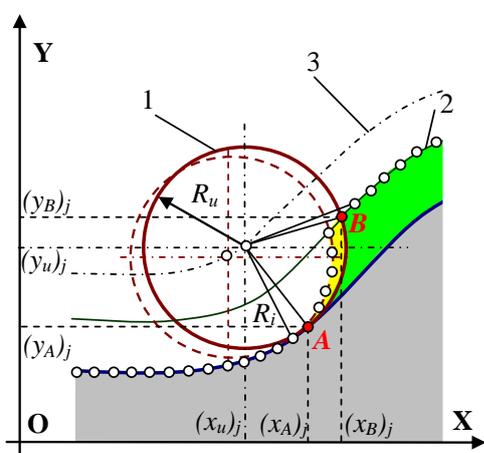


Рисунок 5 – Схема взаимодействия

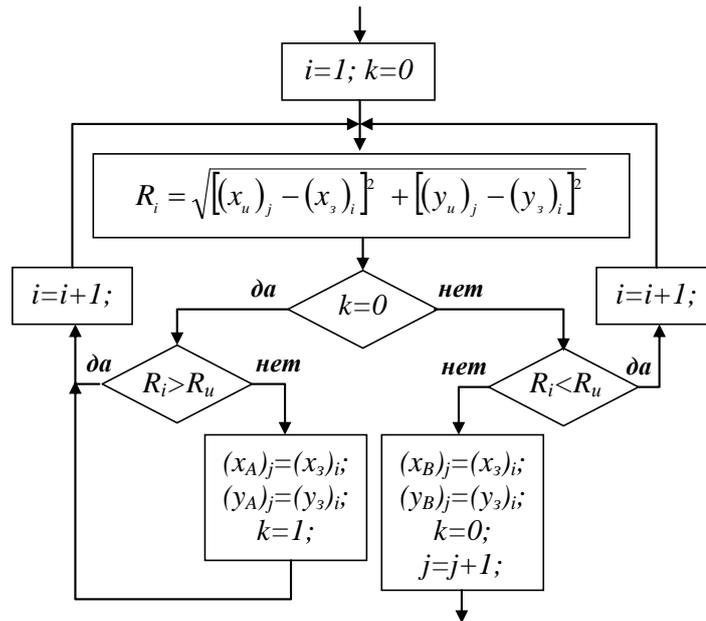


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма

В «соответствии с предложенным численным методом весь контур заготовки представляется дискретной геометрической моделью в виде массивов $[x_i]$ и $[y_i]$. Для каждого шага моделирования необходимо определить координаты точки A (начало линии контакта инструмента с заготовкой) и точки B – окончание линии контакта» [20] (рисунок 6). «На самом деле, ввиду постоянного трансформирования заготовки, ее контур на каждом шаге моделирования представляется линией, состоящей из обработанного контура, контура части инструментальной поверхности и собственно контура заготовки, обработанного на предыдущем проходе. На рисунке 6 этот контур условно обозначен кружками, символизирующими дискретную геометрическую модель заготовки. По вычисленным значениям координат точек A и B можно рассчитать необходимые для каждого вида обработки параметры, которые будут определять силу резания» [16].

3.2 Инструментальное средство технического оснащения

«На 035 фрезерной операции используется фрезы концевые диаметром 20 мм и 6 мм ГОСТ 17025-71 P6M5K5 с покрытием (TiCr)C, чертеж одной приведен на рисунке 7. Проведем исследование силовых характеристик работы данного инструмента» [17].

«Различные факторы, такие как стратегия фрезерования, шаг фрезы, угол наклона, режима резанья и так далее влияют на эффективность фрезерной обработки. Одним из важнейших факторов является качественно подобранная фреза. На выбор правильной фрезы учитываются различные факторы, жесткость, материал, мощность и другие важные характеристики» [17].

«Главные свойства фрезы: шаг фрезы, длина режущей и рабочей части, диаметр, покрытие, наличие зубьев, угол наклона винтовой канавки и другие.

Шаг фрезы бывает двух типов: неравномерный и равномерный» [17].

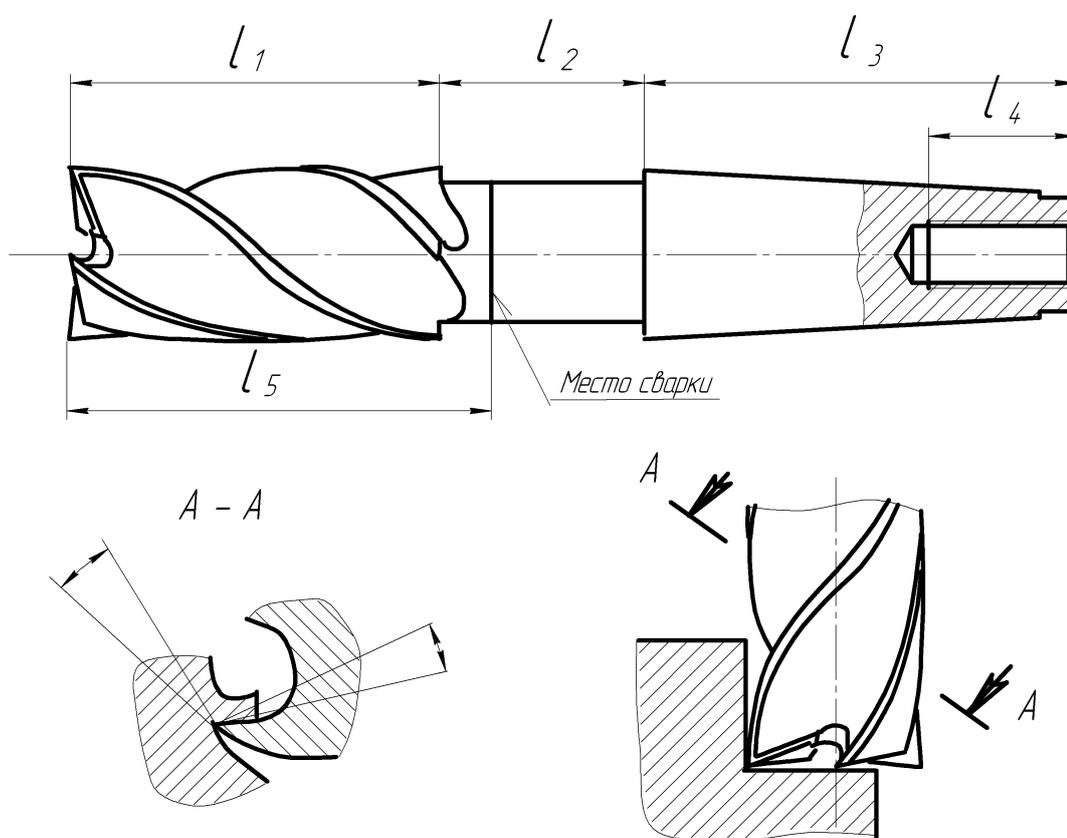


Рисунок 7 – Концевая фреза

Равномерное расположение фрезы вызывает большее количество вибраций, в отличие от неравномерного. Неравномерный шаг фрезы рекомендован при большой ширине резания и при большом вылете. Большое количество зубьев уменьшает количество стружки и стружечной канавки. При множестве зубьев тяжело сделать их неравномерными, в связи с этим такие фрезы имеют располагают зубья равномерно.

Шаг фрезы влияет на: производительность, энергопотребление, стабильность, возможность обработки определенного материала.

Равномерность работы определяется углом наклона режущей кромки.

Термические, механические и термические нагрузки испытывает инструмент, что приводит к разрушению инструмента, которое очень отличается от стационарного резания [15].

Колебания в системе происходят из-за силового взаимодействия при фрезеровании и любом другом процессе резки. Колебания разделяют в зависимости от источника и природы возникновения на первый и второй род автоколебания. При фрезеровании, благодаря его нестационарности, всегда сопровождают колебания. Режим резки влияет на колебания. При автоколебаниях частота обычно одинакова при широком выборе скорости нарезки, в отличие от вынужденных колебания. По данному признаку и различают автоколебания от вынужденных. Автоколебания появляются вследствие нароста, наклева, изменяема толщина слоя срезки и другие. Вынужденные колебания возникают при чистовом фрезеровании. Вынужденные колебания существенно влияют на шероховатость и точность. Автоколебания в основном появляются при черновой врезке, в связи того, что глубина и ширина фрезерования максимальна. Данное колебание определяет стойкость инструмента. Колебания при фрезеровании и резке влияют и положительно, и в тоже время отрицательно. Облегчение пластической деформации, улучшение отвода стружки, уменьшение трения на поверхностях спереди и сзади лезвия инструмента, ко всему к этому приводит определенная

амплитуда колебания. Это приводит к уменьшению силы нарезки, что влечет за собой уменьшения изнашивания инструмента. В то же время, увеличении амплитуды автоколебания при циклическом нагружении, постепенно увеличивает разрушение режущих кромок, которые находятся в контакте с стружкой и изделием. В связи с этим стойкость инструмента при превышении определенного значения амплитуды колебаний быстро снижается. Также, необходимо помнить, что длина пути увеличивается при увеличении амплитуды, что приводит к более быстрому износу инструмента. Двойное влияния колебания приводят к экстремальной зависимости стойкости фрезы от амплитуды автоколебаний. Положительное влияние в основном происходит в зоны маленькой амплитуды. Отрицательное влияние в основном происходят при больших амплитудах.

Колебания с большой амплитудой движения соответственно приводят к уменьшению производительности, потому что для их устранения принято уменьшить скорость, ширину и глубину резания [15]. Вибрация фрезы с частотой близкой к вибрации детали создает серьезную проблему при механической обработке, это приводит к появлению резонанса. Увеличенная амплитуда мешает для выполнения работы, звук в основном не выносимый. Данная проблема может привести к слому фрезы или отправки детали в брак. Для устранения резонанса необходимо использовать более жесткую фрезу, и дополнительные опоры, но это не всегда доступно при производстве.

В разделе проведены научные исследования геометрического и силового взаимодействия в процессе резания и силовых характеристик инструмента. Также проведено исследование силовых характеристик концевой фрезы, используемой в качестве инструмента на 035 фрезерной операции разработанного технологического процесса.

4 Безопасность технического объекта и его экологичность

В разработке технологических процессов, осуществляемых для их интеграции в производственные линии, принципиальным является обеспечение безопасных условий труда для работников. Это подразумевает разработку процессов таким образом, чтобы они обеспечивали надёжную защиту жизни и здоровья персонала в течение всех операционных фаз производства. С этой точки зрения, каждый технологический план должен быть адаптирован к актуальным нормам и протоколам безопасности, обеспечивая тем самым непрерывное соблюдение стандартов безопасности.

- В производственных процессах, вовлекающих использование технических устройств, требуется монтаж ограждающих конструкций для отделения рабочей зоны.
- Каждый работник должен получить необходимые индивидуальные средства защиты.
- Расстановка аппаратуры в области механического производства должна соответствовать требованиям противопожарной защиты.
- Применяемое оборудование и инструменты обязаны обеспечивать надёжную работу с аппаратурой в условиях безопасности.
- Каждый аппарат требует наличия исправной и эффективной системы заземления.

«Техническим объектом, относительно которого будем рассматривать вопросы обеспечения безопасности и экологичности является технологический процесс изготовления водила устройства контроля» [2]. «Актуальность исследования обоснована тем, что процесс изготовления водила имеет определенное вредное и опасное действие на условия труда сотрудников предприятия, что чревато вредным влиянием на их здоровье, снижением производительности труда. Функционал системы управления человеческими ресурсами невозможно себе представить без такого важного раздела, как охрана труда» [7]. «Поэтому в настоящем исследовании

предпринята попытка решить проблему по улучшению обеспечения безопасности процесса изготовления масляных насосов с целью изменить в лучшую сторону условия труда работающего персонала, повысить качество и производительность работ» [7].

«Технический объект в своей реализации использует следующее оборудование: токарно-винторезный с ЧПУ ТС16А20Ф3, торце-внутришлифовальный полуавтомат ЗК227В, зубодолбежный п/а 5140, вертикальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ 2С150ПМФ4, торце-круглошлифовальный полуавтомат ЗБ153Т и электрохимический станок для снятия заусенцев 4407. Приспособления: патрон токарный 3-х кулачковый клиновый ГОСТ 2675-80, патрон мембранный, приспособление специальное самоцентрирующее ГОСТ 17205-71 и патрон цанговый ГОСТ 17200-71» [17].

«Инструмент: резец токарный проходной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, резец токарный расточной сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, резец токарный канавочный сборный с механическим креплением твердосплавных пластин, круг шлифовальный, долбяк дисковый прямозубый, сверло центровочное, сверла спиральные, развертка машинная цельная, фрезы концевые, метчик машинный, зенкер цельный и головка шлифовальная. Проводить анализ будем на потенциально опасных технологических операциях: токарная, зубодолбежная и фрезерная. Материал заготовки 20Х ГОСТ 4543-2016. Вспомогательные материалы: смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие» [17].

«Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков. Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных» [7].

«Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают:

- проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции;
- обычную и нерегулярную деятельность;
- оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии;
- инфраструктуру, сырье, материалы;
- деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей;
- условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне);
- воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы);
- происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые» [7].

«Отсутствие перерывов для отдыха вызывает чрезмерное утомление, напряжение и потерю внимания. Это становится причиной производственного травматизма. Необходимо правильно организовать режим труда и отдыха на предприятии, чтобы свести к минимуму риск несчастных случаев. На основе анализа проведенной идентификации опасных и вредных производственных факторов на конкретном рабочем месте оператора станков с ЧПУ установлено, что потенциальную опасность получения травм представляет фрезерная обработка, а именно разрушение режущих кромок инструмента для фрезерной обработки и износ элементов станочных приспособлений» [7].

«Практическая значимость исследований – сбор и анализ разрозненных информационных данных относительно организации нормативного противопожарного режима на объекте исследований, с последующей разработкой медианного алгоритма, который включает формирование локальных условий пожарообразования и разработку соответствующих

тактико-технологических решений по тушению вероятного пожара, что может быть примерено для объектов аналогичного назначения» [7].

«Организация тушения пожара регламентируется приказом № 444 МЧС России от 16 октября 2017 года. Таким образом опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока» [7]. «Все помещения в производственном участке оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей ИП 212-41М. Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями ИПР. Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор Сигнал – 20» [7].

«Наиболее вероятным источником возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера является выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки.

Для снижения рисков экологического характера на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [7].

В разделе проведен детальный анализ по выявлению опасных и вредных производственных факторов при реализации и функционировании технического объекта в виде технологического процесса изготовления водила устройства контроля.

5 Экономическая эффективность работы

Задача раздела – осуществить необходимый расчет и анализ всех технико-экономических показателей сравниваемых технологических процессов, с целью определения экономического эффекта от разработанных изменений.

Для осуществления задуманного, нужно применить информацию, которая представлена в предыдущих разделах и касаются только модернизации и оптимизации технологии изготовления детали «Водило устройства контроля». Результат принципиальной переделка технологии и ее итог, представлены на рисунке 8.

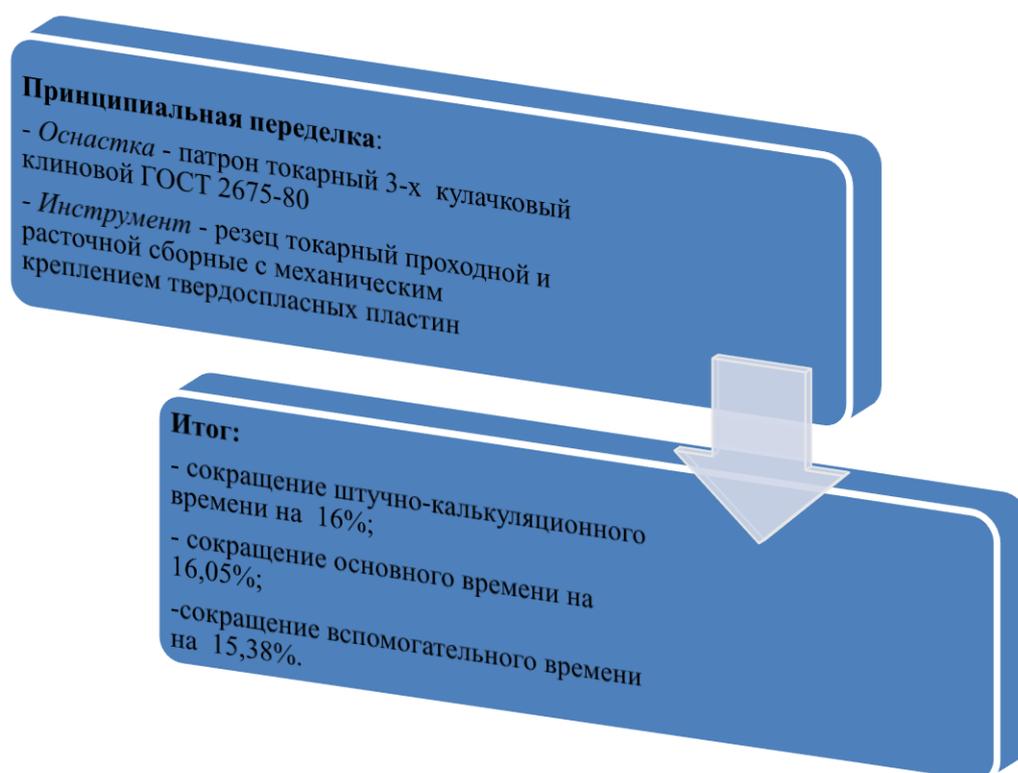


Рисунок 8 – Результат принципиальной переделки технологии и ее итог

Сверху, на рисунке 8, представлены измененные оснастка и инструмент, которые предложено использовать вместо патрона токарного 3-х кулачкового и резцов токарных проходного и расточного по ГОСТ, соответственно. Снизу,

итог по трудоемкости выполнения измененной операции технологии изготовления детали «Водило устройства контроля».

Для определения экономического эффекта, первым пунктом необходимо определить капитальные вложения в модернизацию процесса или выражаясь научными терминами – необходимая сумма инвестиций. Чтобы определить сумму инвестиций применим специальную «методику расчета капитальных вложений (инвестиций) по сравниваемым вариантам технологического процесса» [13]. Так как изменения технологии затрачивают только такие элементы как инструмент и оснастка, сумма инвестиций будет учитывать «затраты на проектирование (K_{IP}), оснастку (K_O), инструмент (K_{II}) и корректировку управляющей программы ($K_{У.ПР}$)» [13]. Числовые значения перечисленных показателей и общая сумма инвестиций, представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Общая сумма инвестиций и входящих в нее затрат, руб.

Детализация рисунка 9, позволяет сделать вывод о том, что самыми крупными тратами является проектирование, его доля в общей сумме

инвестиций составляет 65,21 %. Самыми наименьшими вложениями для предприятия будут траты, связанные с оснасткой, так как их доля составит всего 2,98 %.

Вслед за проведенными расчетами, возникает необходимость подсчитать технологическую себестоимость, которая определяется по методике «расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [8]. Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину, показателей, отображены на рисунке 10.

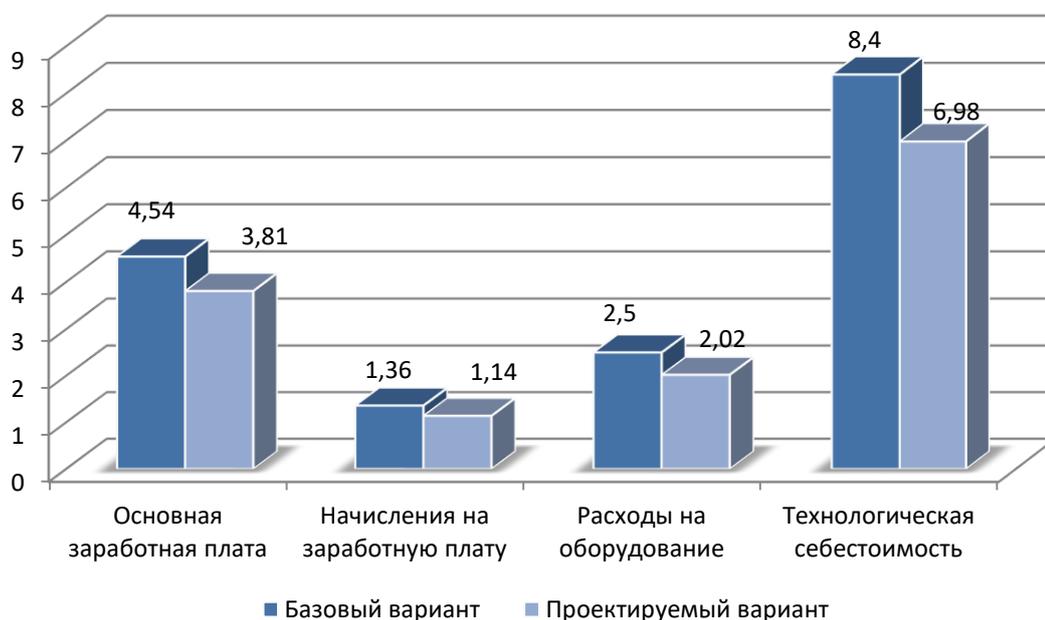


Рисунок 10 – Значение технологической себестоимости и, влияющих на ее величину показателей, руб.

Как следует из диаграммы (рисунок 10), максимально полная зависимость значения технологической себестоимости обеспечивается основной заработной платой, с долевой величиной около 54 % в обоих представленных вариантах.

После установления значения технологической себестоимости, следует выяснить значения такие показателей как: «чистая прибыль, срок окупаемости, индекс доходности и интегральный экономический эффект»

[13]. Чтобы их рассчитать, используется «методика расчета показателей экономической эффективности проектируемого варианта технологического процесса» [13]. Значения перечисленных показателей представлены на рисунке 11.

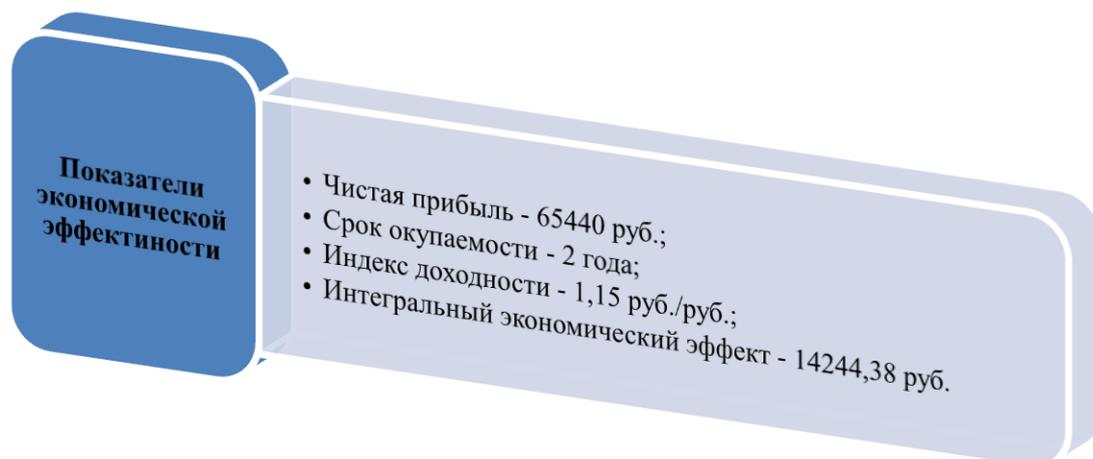


Рисунок 11 – Значения показателей экономической эффективности

В разделе, вследствие экономических расчетов, была показана польза внедрения предложенной модернизации технологии изготовления детали «Водило устройства контроля». Соответственно, такой процесс можно считать эффективным, так как в результате его внедрения будет получен интегральный экономический эффект в размере 14244,38 рублей.

Заключение

В предлагаемой выпускной квалификационной работе рассмотрены предпосылки разработки технологического процесса изготовления технического объекта и представлена технология изготовления детали водила. Работа проводилась в рамках учебного процесса в Тольяттинском государственном университете. Для проведения анализа технического объекта были заданы исходные данные. В работе была определена цель и задачи для ее достижения. В качестве решаемых задач в работе проводилось исследование базового технологического процесса изготовления заготовки для детали водила; проводился анализ преимуществ и недостатков применяемого на производстве технологического процесса; выбрано оборудование и средства технологического оснащения в виде станочного и инструментального приспособлений; подготовлена техническая и технологическая документация в виде чертежей, технологических маршрутных карт, технологических операционных карт и спецификаций на составляющие элементы разработанных приспособлений; использовалась аддитивная технология для изготовления детали; использовалась специальная обработка для восстановления изношенных в процессе выполнения служебного назначения поверхностей детали; применялась термическая обработка для повышения прочности и износостойкости детали; проводился анализ известных методов, способов и подходов для решения поставленных задач; разработаны мероприятия для повышения уровня безопасности и экологичности всего процесса в целом; реализованы экономические расчеты и доказана эффективность предлагаемых технических и технологических изменений процесса изготовления детали. Результаты работы способствуют развитию выбранной области машиностроения и повышению эффективности и надежности в работе водила устройства контроля.

Список используемых источников

1. Антимонов А.М. Основы технологии машиностроения : учебник / А.М. Антимонов. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2020. – 176 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143717> (дата обращения: 28.08.2024).
2. Аверченков В.И. Технология машиностроения: сборник задач и упражнений: учебное пособие / В.И. Аверченков и др.; под общей редакцией В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – М. : Инфра-М, 2016. 288 с.
3. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
4. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения : учебник / О.М. Балла. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. –392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 13.08.2024).
5. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
6. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
7. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно- методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
8. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
9. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
10. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.

11. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
12. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 21.09.2024).
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. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
16. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
17. 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. 944 с.
18. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
19. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.
20. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X? (дата обращения: 20.07.2024).

