

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 план-шайбы поворотного механизма

Обучающийся

С.Е. Мокрушин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

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

Консультант(ы)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Пояснительная записка содержит пять разделов, в которых предлагается решение соответствующих технических и технологических решений для совершенствования и модернизации технологического процесса. Для реализации поставленной цели в работе необходимо провести ряд мероприятий:

Определить тип производства, определить его характеристики, описать технологический процесс.

Произвести анализ применяемого оборудования.

Выявить оборудование, применяемое на операциях технологического процесса.

Провести анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства.

Произвести анализ применяемых приспособлений.

Выявить станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса.

Провести анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства.

Выявить приспособления, не обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительность.

Произвести анализ применяемого режущего инструмента. Произвести анализ режимов резания.

Произвести анализ контрольных операций. Сделать выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса. Разработать мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объекта исследования.

Показать экономическую эффективность.

Abstract

The explanatory note contains five sections in which the solution of the relevant technical and technological solutions for the improvement and modernization of the technological process is proposed. To achieve this goal, it is necessary to carry out a number of activities in the work:

Determine the type of production, determine its characteristics, describe the technological process.

Perform an analysis of the equipment used.

Identify the equipment used in the operations of the technological process.

To analyze the equipment for its compliance with the type of production.

Make an analysis of the devices used.

To identify the machine tools used in the operations of the technological process.

Identify devices that do not provide the required processing quality characteristics and productivity.

Perform an analysis of the cutting tool used.

Perform an analysis of cutting modes. Perform an analysis of control operations. Draw conclusions and suggestions for improving the technological process. Develop measures to ensure the safety and environmental friendliness of the research object.

Show economic efficiency.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ объекта проектирования.....	7
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	7
1.2 Формулировка задач работы.....	10
2 Технология изготовления детали.....	12
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	12
2.2 Расчет технологической операции.....	20
3 Расчет и проектирование средств оснащения.....	25
3.1 Проектирование основного приспособления.....	25
3.2 Проектирование вспомогательного приспособления.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта...	39
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	50

Введение

В современных условиях хозяйствования, когда взят курс на импорт замещение широкого спектра продукции, производственная система каждого промышленного предприятия требует совершенствования.

Освоение новой продукции, внедрение нового оборудования, технологических приемов, напрямую связано с технической подготовкой производства.

Для автоматизации производства особое значение имеет внедрение в ход технологического процесса станков с ЧПУ [25]. При внедрении наряду с увеличением производительности стали проявляться проблемы с привязкой и настройкой инструмента, которые, несмотря на увеличение скорости обработки и повышение качества изготовления, выливались в серьезные потери времени при предварительной настройке оборудования перед работой. Разработчики станочного оборудования не оставили без внимания эту проблему [22]. Решить эту задачу на необходимом уровне позволило появление в конце девяностых годов двадцатого века электронно-вычислительных машин с встроенными базами данных инструмента, используемого в производстве и интеграцию их в процесс предварительной размерной настройки инструмента, модернизировав при этом и приборы измерения, дополнив их функционал возможностью получения, обмена и хранения данных о инструменте и возможности передачи их непосредственно на станок в управляющий блок ЧПУ.

В результате анализа базового технологического процесса был обнаружен ряд отклонений не только в заполнении конструкторской документации, но и в рациональности использования метода получения заготовки, средств технологического оснащения, выбора комплекта технологических баз, последовательности обработки ответственных поверхностей и так далее.

Основным недостатком базового технологического процесса является использование заготовки, полученной методом литья в кокиль, что влечет за собой высокую стоимость материала, так как деталь выпускается средними сериями [24]. В качестве аналога предложена заготовка, получаемая способом литья в землю. Это позволило бы уменьшить стоимость производства. Так же недостатком является отсутствие станков с ЧПУ, введение которых позволило бы обработать наружные поверхности детали за три установки, что сократило бы время обработки на механических операциях, а также повысило бы точность детали. Базирование заготовки в заводском технологическом процессе частично отвечает основным принципам технологии машиностроения.

Для повышения технологичности конструкции детали предлагается унифицировать ряд ее конструктивных элементов и исключить тем самым применение специальных инструментов [23]. Целесообразно применять стандартные режущие инструменты, параметры которых позволяют получить необходимую поверхность. Поэтому рекомендуется упорядочить операции механической обработки в зависимости от применяемого оборудования и функциональных назначений поверхностей детали. Конструкторский контроль, анализ технических требований анализ технологичности позволил более точно изучить конструкцию изделия, назначение поверхностей, конструктивных элементов.

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Деталь «План-шайба» (рисунок 1) является частью машины, механизма, прибора, которая служит для предотвращения попадания грязи и пыли во внутреннюю полость механизма. Деталь является наружным кольцом подшипника качения и устанавливается в поворотном механизме, который располагается в корпусе механизма загрузки, работает при больших нагрузках. В поворотном механизме деталь фиксируется винтами по резьбовым отверстиям, которые являются базой для установки [20]. В процессе работы деталь ориентирует орган манипулятора в пространстве по одной оси.

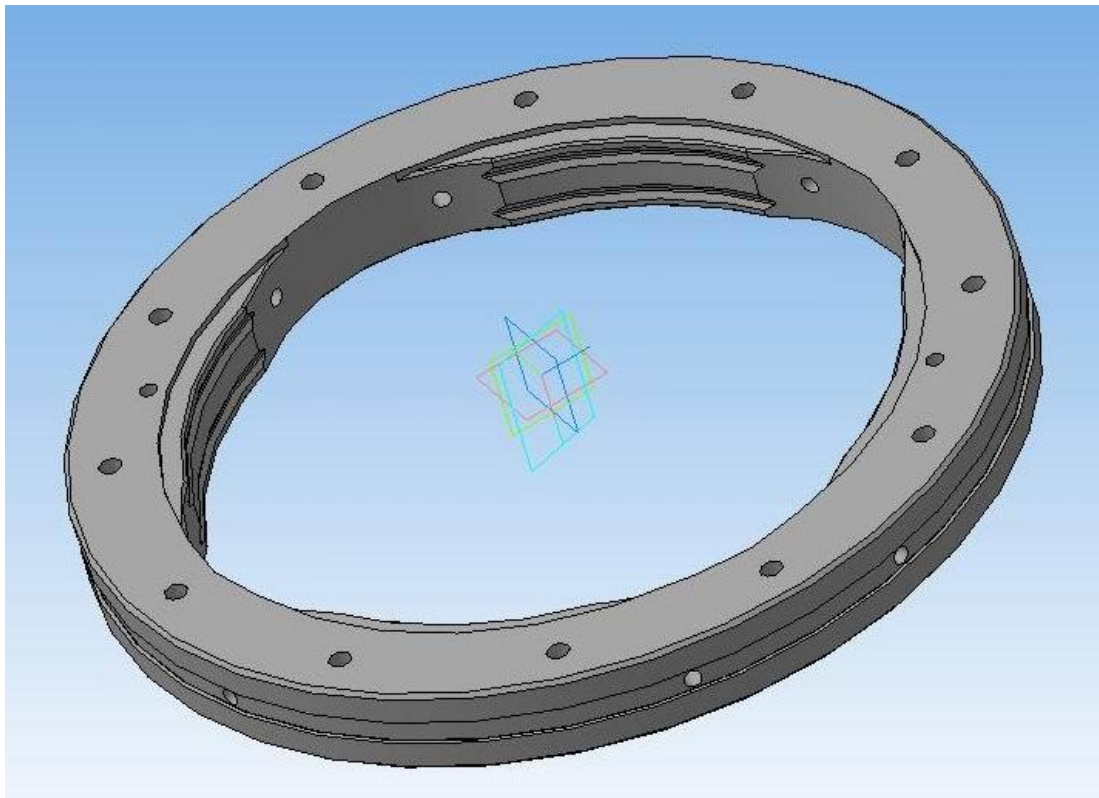


Рисунок 1 – План-шайба

Так как деталь работает в условиях пластической деформации и износа трением в зоне качения шариков при больших внешних нагрузках, то для ее изготовления необходимо применять материал – сталь марки 20Л ГОСТ 977-88. Материал принадлежит к твердым сплавам и является быстрорежущей сталью. Деталь для повышения конструкционной прочности до 37...42 HRC по поверхностям качения (канавкам) необходимо закалять токами высокой частоты [15]. Химический состав выбранного материала представлен в таблице 1, а физико-механические свойства на рисунке 2.

Таблица 1 – Процентное содержание материала

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
0,18-0,22	0,20-0,52	0,35-0,90	0,300	0,045	0,040	0,300	0,300

В таблице 1 представлены химические элементы: C – углерод, Si – кремний, Mn – марганец, Cr – хром, S – сера, P- фосфор, Cu – медь, Ni – никель.

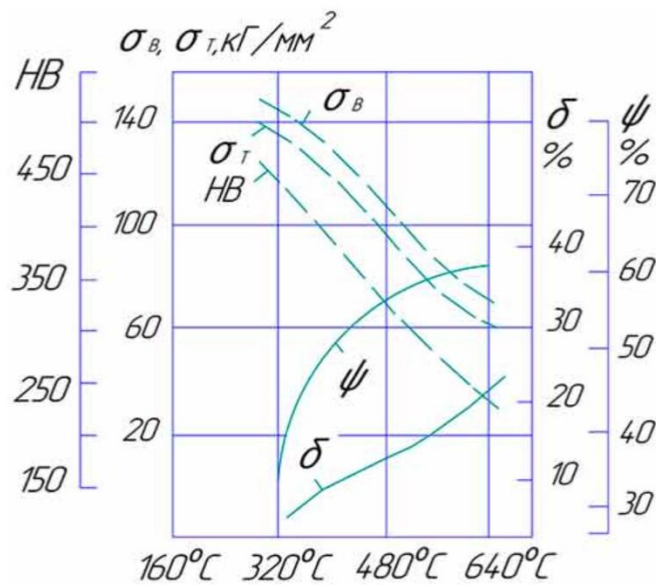


Рисунок 2 – Физико-механические свойства

Здесь указано временное сопротивление разрыву (σ_b); предел текучести (σ_T); относительное сужение (ψ); ударная вязкость (KCU); твердость (HB); относительное удлинение (δ).

«Проведем классификацию и систематизацию поверхностей детали, исходя из ее служебного назначения (рисунок 3), результаты которой сведем в таблице 2» [12].

Таблица 2 – Классификация поверхностей

«Вид	Поверхности
Исполнительные (ИП)	6, 7
Основные конструкторские базы (ОКБ)	1, 4
Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	2, 3, 6-14
Свободные (СП)	5» [3]

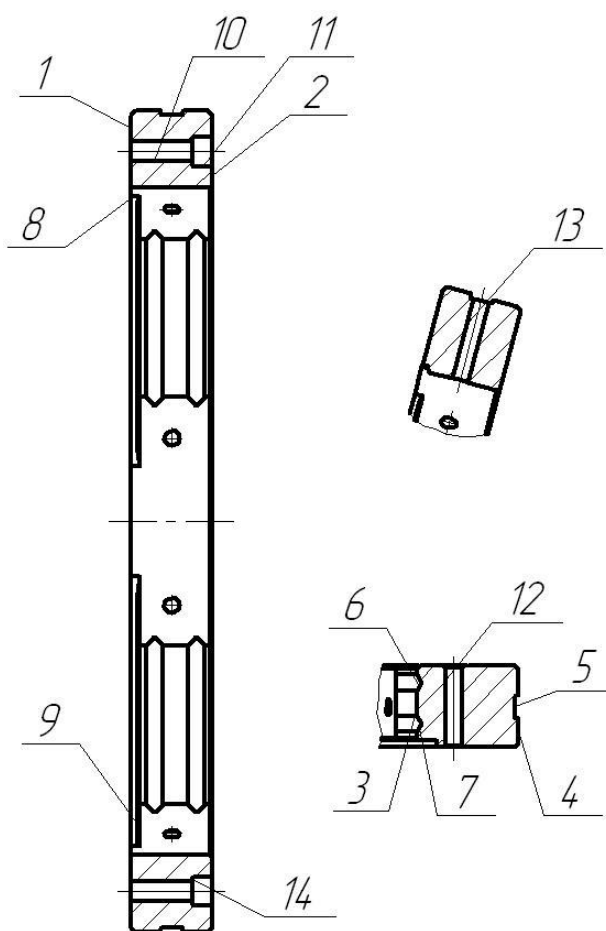


Рисунок 3 – Систематизация поверхностей

Рассматриваемую деталь можно считать простой по конфигурации и отнести к категории типа диск. Наличие трех цилиндрических поверхностей, одна из которых является внутренней и две наружными можно отнести к элементам не технологичности. Эти поверхности должны изготавливаться с высокими требованиями по точности: Ra 0,8 мкм и 6 качество [11]. Также сюда можно отнести обработку сверлением ступенчатого отверстия под резьбовой элемент сложной конфигурации. Основным недостатком базового технологического процесса является использование заготовки, полученной методом литья в оболочковые формы, что влечет за собой высокую стоимость материала, так как деталь выпускается средними сериями. В качестве аналога предложена заготовка, получаемая способом литья в армированный кокиль. Это позволило бы уменьшить стоимость производства. Так же недостатком является отсутствие станков с ЧПУ, что позволило бы обработать наружные поверхности детали за три установки, что сократило бы время обработки на механических операциях, а также повысило бы точность детали [10].

1.2 Формулировка задач работы

В работе необходимо решить комплекс задач совершенствования технологического процесса.

Определить тип производства, определить его характеристики, описать технологический процесс. Произвести анализ применяемого оборудования. Выявить оборудование, применяемое на операциях технологического процесса. Провести анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства. Произвести анализ применяемых приспособлений. Выявить станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса. Провести анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства. Выявить приспособления, не обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительность. Произвести анализ применяемого режущего инструмента. Произвести анализ режимов резания.

Произвести анализ контрольных операций. Сделать выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса. Разработать «мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности» [5] объекта исследования. Показать экономическую эффективность.

В разделе проведен как качественный, так и количественный анализы конструкции проектируемой детали на основе исходных данных на ее технологичность и возможность дальнейшего проектирования технологического процесса изготовления с соблюдением всех необходимых предъявляемых требований к качеству обрабатываемых поверхностей. Проведена процедура классификации и систематизации поверхностей детали, исходя из ее служебных функциональных особенностей [4]. Определен материал для заготовки и метод ее получения. Определен тип оборудования и режущего инструмента. А также возможность использования технологической оснастки. Далее необходимо определиться с планом изготовления и «рассчитать режимы резания и нормы времени» [7] для каждой технологической операции.

2 Технология изготовления детали

2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств обработки

Определяем тип производства как среднесерийное, так как имеем по заданию массу детали равную 29 килограммов, «программу выпуска 1000 деталей в год» [9], а также двусменный график работы. В технологическом процессе будем использовать универсальное оборудование и специализированные станки. В качестве оснащения будем использовать универсальное или специализированное приспособление. Оборудование будем расставлять по ходу технологического процесса с возможностью периодической переналадки для обработки других деталей. В маршрутно-операционном проектировании будем использовать табличные значения припусков, режимов резания и норм времени. Аналитически проведем расчет этих значений только для обработки некоторых поверхностей. Для объективного сравнения при выборе метода получения заготовки рассмотрим два родственных метода получения заготовки литьем: литье в оболочковые формы и литье в армированный кокиль. При сравнении проведем расчет технологической себестоимости обоих выбранных методов с помощью известной методики [6]:

$$\llcorner C_T = C_{\text{ЗАГ}} \cdot Q + C_{\text{МЕХ}} \cdot (Q - q) - C_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{\text{ЗАГ}}$ – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{\text{МЕХ}}$ – стоимость снятия одного кг стружки механической обработкой, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$ – стоимость одного кг стружки, руб.» [6].

С «достаточной точностью стоимость получения одного килограмма

отливки будем определять по формуле:

$$C_{ЗАГ i} = C_{ОТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения отливки;

$C_{ОТ}$ – базовая стоимость получения отливок в зависимости от метода, руб.;

h_T – коэффициент точности отливки;

h_C – коэффициент группы сложности отливки;

h_B – коэффициент массы отливки;

h_M – коэффициент марки материала отливки;

$h_{П}$ – коэффициент программы выпуска» [6].

При «рассмотрении метода получения» [2] заготовки литьем в оболочковые формы значение индекса будем принимать равным 1, а при рассмотрении метода получения заготовки литьем в армированный кокиль равным 2.

$$C_{ЗАГ 1,2} = 102,3 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 0,79 \cdot 2,1 \cdot 0,5 = 71,28 \text{ р.}$$

Если определять массу заготовки упрощенно, то с достаточной точностью можно воспользоваться формулой:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где K_P – коэффициент метода получения и формы заготовки» [6].

При «расчете припусков и напусков» [19] в случае возникновения существенных отклонений от расчетных значений следует провести дополнительный уточняющий расчет.

Массу детали будем определять по известной формуле:

$$q = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где V – объем заготовки, см³;

ρ – плотность материала детали, кг/см³.

Тогда получим окончательное значение для массы.

$$q = \left(\frac{\pi}{4} (0,06^2 \cdot 0,107 + 0,06^2 \cdot 0,085 + 0,068^2 \cdot 0,015 - (0,22^2 + 0,108^2)) \cdot 0,043 \cdot 2 \right) \cdot 0,783 = 29,34 \text{ кг.}$$

Согласно формуле (3), имея расчетную массу детали, для каждого рассматриваемого метода получения отливки получим массу заготовки.

$$Q_1 = 29,34 \cdot 1,2 = 35,208 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 29,34 \cdot 1,15 = 33,741 \text{ кг.}$$

«Стоимость снятия стружки будем по формуле:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (5)$$

где $C_{\text{С}}$ – приведенные затраты, руб.;

$C_{\text{К}}$ – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_{\text{Н}}$ – коэффициент эффективности капитальных вложений» [6].

При использовании близких методов получения заготовки стоимость снятия одного килограмма стружки будет одинаковой.

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

Эту стоимость необходимо подставить в формулу (1) и тогда для каждого из рассматриваемых методов литья получим:

$$C_{\text{Т1}} = 71,28 \cdot 35,208 + 4,6 \cdot (35,208 - 29,34) - 1,4 \cdot (35,208 - 29,34) = 2528,65864 \text{ р.}$$

$$C_{\text{Т2}} = 71,28 \cdot 33,741 + 4,6 \cdot (33,741 - 29,34) - 1,4 \cdot (33,741 - 29,34) = 2419,14168 \text{ р.}$$

Экономические расчеты показали, что отливка в армированный кокиль путем сравнительного анализа наиболее оптимальный метод получения заготовки. Отличие литья в оболочковые формы, как условная экономия составит:

$$\langle \mathcal{E} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N, \quad (6)$$

где N – годовая программа выпуска деталей, шт. [6]».

Тогда получим:

$$\mathcal{E} = (2528,65864 - 2419,14168) \cdot 1000 = 109516,96 \text{ р.}$$

«Показатель условной экономии» [6] присутствует в полной мере и довольно значительный. Это говорит о том, что получение заготовки методом отливки в армированный кокиль является правильным решением поставленной задачи.

На следующем этапе проектирования осуществляется определение численных значений припусков на обработку. При этом обычно используется несколько методик. Для выбранного типа производства необходимо применить расчетно-аналитический метод [21] для определения припусков на точные поверхности. Это поверхности диаметром $380^{(+0,089)}_0$ и $455^{(+0,06)}_{(-0,06)}$. Правильный выбор метода получения заготовки позволяет производить ее проектирование. Для механической обработки заготовки припуски определим по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (7)$$

«где a – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешности установки заготовки на операции, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

Согласно «принятой методики расчета для каждого технологического перехода при определении максимальных значений припуска будем использовать формулу» [16]:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (8)$$

«где Td_i – допуски на выполнение размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм»

[21].

Согласно «принятой методики расчета для каждого технологического перехода при определении средних значений припуска будем использовать формулу:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9)$$

Определим минимальный диаметр для каждого перехода:

$$d_{(i-1)min} = d_{i \min} + 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10)$$

Определим максимальный диаметр для каждого перехода:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (11)$$

Определим средний диаметр для каждого перехода:

$$d_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i \max} + d_{i \min}). \quad (12) \gg [14]$$

Тогда «рассчитаем операционные размеры. Расчет проводим от готовой детали» [11], то есть от известного размера. По итогам выполнения размерного анализа из таблицы 3 видим, что припуски на обработку выбранных размеров уменьшились относительно базового варианта (в процентах), а, именно, на диаметральный размер 455 мм. – на 19,14% и на размер 380 мм. – на 23,86%.

Таблица 3 – Припуски

«Размер детали, мм	Заготовка			
	Базовый вариант		Проектный вариант» [8]	
	Размер, мм	Припуск, мм	Размер, мм	Припуск, мм
Ø455	459,63	9,4	457,6229	7,6
Ø380	376,81	8,8	378,6308	6,7

Условие обеспечения надежной работы и высоких эксплуатационных характеристик детали в механизме требует точного изготовления. Поставленное условие будет выполняться только при правильном базировании детали при обработке на технологических операциях, которые отмечены в таблице 4.

Таблица 4 – Технологические операции

Номер операции			
005, 010, 015, 020	035	045, 055	050
Наименование операции			
токарная	агрегатная	шлифовальная	сверлильная
Оборудование			
токарно-карусельный с ЧПУ SVT80	агрегатный сверлильный станок	карусельно-шлифовальный 3762Ф1	вертикально-сверлильный 2С132Ф2
Вид механической обработки			
точение	сверление, зенкерование, резбонарезание	шлифование	развертывание

Необходимо учитывать некоторые рекомендации «при разработке схем базирования: принцип единства баз – необходимо обеспечить нулевую погрешность базирования путем постоянства технологических «баз на протяжении всего» [22] технологического процесса; принцип совмещения баз – при получении размеров на каждом переходе использовать измерительные базы в качестве технологических баз; для базирования исходной заготовки черновые базы использовать только на одном установе» [18]. Маршрут и порядок обработки представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрут обработки

Операция	Обработка	Поверхности
005	точение	1, 2
010	точение	8, 9
015	точение	3, 4, 5, 6
020	точение	
035	сверление, зенкерование, резьбонарезание	10, 11, 14
040	термообработка	все
045	шлифование	7
050	развертывание	11
055	шлифовальная	1, 2
060	мойка	все
065	контроль	все

Этап проектирования, на котором происходит выбор оборудования, технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента во многом является ключевым, поэтому от него зависят технико-экономические показатели всего технологического процесса в целом. На этом этапе проектирования следует учесть тип производства, методы обработки на технологических операциях на основе принципа концентрации переходов. А также возможность использования нормализованных и стандартизованных средств оснащения, необходимость механизации и автоматизации операций, необходимость применения прогрессивных конструкций оснастки и необходимость применения современных инструментальных материалов режущего инструмента, экономические показатели. В таблице 6 представлены результаты этого выбора.

Таблица 6 – Выбор СТО

Операция	Оборудование	Оснастка	«Режущий инструмент	Мерительный инструмент» [1]
005	токарно-карусельный с ЧПУ SVT80	самоцентрирующий патрон	резцы с твердосплавным и пластинами T5K10	штангенциркуль ШЦШ – 600, 150
010	токарно-карусельный с ЧПУ SVT80	самоцентрирующий патрон	резцы с твердосплавным и пластинами T5K10	штангенциркуль ШЦШ – 600, 150

Продолжение таблицы 6

Операция	Оборудование	Оснастка	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
015	токарно-карусельный с ЧПУ SVT80	самоцентрирующий патрон	резцы с твердосплавным и пластинами T30K10, T15K6	Микрометр 400..600
020	токарно-карусельный с ЧПУ SVT80	самоцентрирующий патрон	резцы с твердосплавным и пластинами T30K10, T15K6	микрометр 400..600
035	агрегатный сверлильный станок	специальное приспособление	сверла с твердосплавным и пластинами: T15K6, зенкер T15K6, метчик P6M5	индикаторная головка, калибры.
040	электрическая печь			
045	карусельно-шлифовальный 3762Ф1	специальное приспособление	шлифовальный круг ПП 500-105-50 24A50CM26K	индикаторная головка, микрометр
050	вертикально-сверлильный 2С132Ф2	специальное приспособление	развертка T15K6	
055	карусельно-шлифовальный 3762Ф1	специальное приспособление	шлифовальный круг ПП 500-105-50 24A16CM13K	индикаторная головка, микрометр
060	камерная моечная машина		техническая сода	
065	контрольный стенд	специальное приспособление	датчики активного контроля, щупы	

Определен тип производства, определены его характеристики, описан технологический процесс, в виде плана обработки в графической части работы, а в Приложении А показана технологическая документация. Произведен анализ применяемого оборудования. Выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса и указано в таблице А.1.

2.2 Расчет технологической операции

Рассмотрим 015 операцию (токарно-карусельную) на предмет «расчета режимов резания и норм времени. Исходные данные представлены в таблице 7» [23].

Таблица 7 – Исходные данные для 015 операции

«Исходные данные»				
Деталь	Материал	Заготовка	Приспособление	Жесткость
план-шайба	сталь 20Л	отливка	патрон	средняя
Обработка поверхностей» [13]				
Ø505,8		Ø380,4		Ø405
«Режущий инструмент»				
резец токарный проходной сборный» [13]		резец токарный расточной отогнутый		«резец токарный проходной» [13] упорный
Пластина				
Т30К10		Т30К10		Т15К6

Для обработки поверхности Ø505,8:

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_U}{T^{m \cdot t^x \cdot s^y}} \cdot K_U, \quad (13)$$

где C_U равен 420;

T – стойкость равна 60 мин;

t – глубина резания равная 0,8 мм;

m равно 0,2, x равно 0,15, y равно 0,20;

K_U примем равным 0,60» [14].

Тогда:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,15} \cdot 0,5^{0,30}} \cdot 0,66 = 166,8 \text{ м/мин.}$$

«Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (14)$$

где V – расчетная скорость, м/мин» [14].

Тогда получим:

$$n = \frac{1000 \cdot 166,8}{3,14 \cdot 505,8} = 105,02 \text{ об/мин.}$$

Скорректируем частоту $n_D = 100$ об/мин.

Действительную скорость, исходя из этого можно рассчитать так:

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

Тогда получим:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_1}{1000} = \frac{3,14 \cdot 505,8 \cdot 100}{1000} = 158,6 \text{ м/мин.}$$

Для обработки поверхности $\varnothing 380,4$:

$$S = 0,5 \text{ мм/об, } t = 0,8 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,8^{0,15} \cdot 0,5^{0,30}} \cdot 0,66 = 166,8 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 166,8}{3,14 \cdot 380,4} = 129,6 \text{ об/мин.}$$

Скорректируем частоту $n_D = 100$ об/мин.

Тогда действительная скорость:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_1}{1000} = \frac{3,14 \cdot 380,4 \cdot 100}{1000} = 119,3 \text{ м/мин.}$$

Для обработки поверхности $\varnothing 405$:

$$S = 0,5 \text{ мм/об, } t = 2,0 \text{ мм, } T = 100 \text{ мин.}$$

Тогда:

$$V = \frac{420}{100^{0,2} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,30}} \cdot 0,66 = 114,2 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 114,2}{3,14 \cdot 405} = 89,8 \text{ об/мин.}$$

Скорректируем частоту $n_D = 80$ об/мин.

Тогда действительная скорость:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_1}{1000} = \frac{3,14 \cdot 405 \cdot 80}{1000} = 101,7 \text{ м/мин.}$$

Основное время при продольном точении:

$$T_o = \frac{l_{PX}}{n_D \cdot S}, \quad (16)$$

где l_{PX} – ход.

Тогда при обработке $\varnothing 505,8$:

$$T_{o.pr} = \frac{64}{100 \cdot 0,6} = 1,06 \text{ мин.}$$

Основное время при растачивании $\varnothing 380,4$.

$$T_{o.pr} = \frac{55}{100 \cdot 0,5} = 1,1 \text{ мин.}$$

Основное время при растачивании $\varnothing 405$.

$$T_{o.pr} = \frac{20}{80 \cdot 0,5} \cdot 2 = 1,0 \text{ мин.}$$

Окончательно $T_o = 1,06 + 1,1 + 1,0 = 3,16$ мин.

«Штучное время определим по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_{вс} + T_{об}, \quad (17)$$

где $T_{вс}$ – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время на обслуживание рабочего места и отдых, мин» [14].

«Вспомогательное время рассчитаем по формуле:

$$T_{вс} = T_{у.с} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из}, \quad (18)$$

где $T_{у.с}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{зо}$ – время на закрепление и открепление детали, мин;

$T_{уп}$ – время на приемы управления, мин;

$T_{из}$ – время на измерение детали, мин;

$T_{y.c.} = 1,52$ мин; $T_{zo} = 0,024$ мин; $T_{yn} = 0,11$ мин, $T_{uz} = 0,32$ мин»
[9].

$$T_{ec} = (1,52 + 0,024 + 0,11 + 0,32) \cdot 1,85 = 3,62 \text{ мин.}$$

«Время на обслуживание рабочего места рассчитывается по формуле:

$$T_{ob} = \frac{(T_{o\Sigma} + T_{ec}) \cdot P_{ob}}{100\%}, \quad (19)$$

где $P_{ob} = 6,5\%$ – затраты времени на обслуживание рабочего места» [6].

$$\text{Тогда } T_{ob} = \frac{(3,16 + 3,62) \cdot 6,5}{100\%} = 0,65 \text{ мин.}$$

Таким образом:

$$T_{um} = T_o + T_{ec} + T_{ob} = 3,16 + 3,62 + 0,65 = 7,43 \text{ мин.}$$

«Штучно-калькуляционное время рассчитаем по формуле:

$$T_{um-k} = T_{um} + \frac{T_{n-3}}{n}, \quad (20)$$

где $T_{n-3} = 25$ мин – подготовительно-заключительное время.

n – партия, шт.» [8].

Получим:

$$T_{um-k} = 7,43 + \frac{25}{200} = 3,06 \text{ мин/шт.}$$

Полученные данные по нормам времени для рассматриваемой операции можно свести в таблицу 8.

Таблица 8 – Нормы времени на 015 операцию

015 токарно-карусельная (лимитирующая)				
T_o , мин	T_{ec} , мин	T_{ob} , мин	T_{um} , мин	T_{um-k} , мин/шт.
3,16	3,62	0,65	7,43	3,06

В разделе проведен анализ оборудования на предмет его соответствия «типу производства. Определен тип производства, определены» [24] его

характеристики, описан технологический процесс, в виде плана обработки в графической части работы. Произведен анализ применяемого оборудования. Выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса. Произведен анализ применяемых приспособлений. Проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства. Выявлены приспособления, не обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительность. Произведен анализ применяемого режущего инструмента. Произведен анализ режимов резания. Показаны нормы времени на лимитирующую операцию 015 токарно-карусельную. Более подробнее полученные данные отмечены в Приложении А в соответствующей документации и графической части работы. Полученные результаты отмечены в виде технических требований, которые указаны в таблице А.1. Также в таблице А.1 показан порядок технологических переходов на рассмотренной в разделе операции.

3 Расчет и проектирование средств оснащения

3.1 Проектирование основного приспособления

При обработке детали на 015 операции (токарно-карусельной) для зажима заготовки используется винтовой прихват с помощью универсально-сборного приспособления, где заготовка устанавливается цилиндрический и срезанный ромбический пальцы.

«Для проектирования нового приспособления необходимо провести расчет всех составляющих силы резания, которая действует на заготовку во время обработки на выбранной операции. Это, во-первых, осевая составляющая силы резания при сверлении и крутящий момент, которые определяются по формулам» [16]:

$$\langle M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (21)$$

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (22)$$

где C_M равен 0,0345, C_P равен 68 – коэффициенты поправки;

q, y – равны 2,0 и 0,8 для крутящего момента, 1,0 и 0,7 для силы;

K_P – коэффициент коррекции равен 0,77» [16].

Тогда получим

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,77 = 8,87 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$P_O = 10 \cdot 68 \cdot 11^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,77 = 1866 \text{ Н}.$$

Для определения силы зажима запишем следующее выражение:

$$\langle W = \frac{K \cdot M_{KP}}{f_1 \cdot r_1 + f_2 \cdot r_2}, \quad (21)$$

где K – запас, который равен 2,5;

r_1 и r_2 – расстояния между точками контакта детали с зажимным и опорным элементом приспособления соответственно;

f_1 и f_2 – коэффициенты трения между деталью и зажимным, между деталью и опорным элементом приспособления соответственно» [16].

Тогда получим:

$$W = \frac{2,5 \cdot 8870}{0,16 \cdot 30 + 0,16 \cdot 43} = 1898 \text{ Н.}$$

Для определения силы зажима используем выражение:

$$\ll W_1 = \frac{W}{1 - 3 \cdot f \cdot (L/H)}, \quad (22)$$

где f – препятствующий скольжению коэффициент равен 0,1 [7];

L – расстояние между силами W и W_1 равное 34 мм;

H – расстояние от верхнего края корпуса приспособления до нижнего торца гайки равное 50 мм» [16].

Тогда получим:

$$W_1 = \frac{1898}{1 - 3 \cdot 0,1 \cdot (34/50)} = 2384 \text{ Н.}$$

«Далее определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки. Для клино-плунжерного зажимного механизма будем использовать формулу» [7]:

$$\ll Q = 2 \cdot K_2 \cdot (W_1 + q) \cdot [tg(\alpha + \phi_{np}) + tg\phi_1], \quad (23)$$

где α – скашивающий угол клина равен 7° ;

q – сила пружины равна 150 Н;

ϕ_{np} – приведенный угол трения клина равен $2^\circ 25'$;

ϕ_1 – угол трения плунжера равен $5^\circ 50'$;

K_2 – коэффициент коррекции равен 1,1» [16].

Тогда получим:

$$Q = 2 \cdot 1,1 \cdot (2384 + 150) \cdot [tg(7^{\circ} + 2^{\circ}25') + tg5^{\circ}50'] = 1494 \text{ Н.}$$

«Для обеспечения усилия в 1494 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,63 МПа» [16].

«Определим диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу, согласно» [16]:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (24)$$

где p – давление в цилиндре;

η – КПД привода равное 0,9» [16].

Тогда получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{1494}{0,63 \cdot 0,9}} = 59 \text{ мм.}$$

«По ГОСТу 15608-81 примем ближайшее к расчетному значению для диаметра штока 63 мм, ход призм 1,5 мм и ход штока цилиндра 12 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [16].

Разработанное приспособление работает следующим образом. «При подаче сжатого воздуха в поршневую полость цилиндра клин 5 движется вперед и давит на ролик 11, коромысло 4 отходит вниз и деталь зажимается» [14]. «При подаче сжатого воздуха в полость штока цилиндра движение происходит в обратном порядке и деталь разжимается» [16].

При обработке заготовки на рассматриваемой операции для автоматизации процесса предлагается система автоматического управления (САУ). Поэтому сначала разберем ограничение, накладываемое предельно

допустимой силой или моментом резания, которое определяется как наименьшее значение, рассчитанное, исходя из условий прочности инструмента или механизма подачи металлорежущего станка и ограничение по максимальной частоте вращения шпинделя и максимальной подаче. Анализ показывает, что эти характеристики расположены так, что не образуют область допустимых значений режима резания. Тем не менее, с изменением исходных данных процесса и, в частности, глубины резания, ограничения могут меняться местами. Соответственно вершина характеристики, определяющая оптимальный режим резания, может образовываться пересечением различных ограничений. Предлагаемая САУ оптимизации режимов резания в таком случае должна быть дополнена процедурой автоматического нахождения оптимальной вершины области допустимых значений режима резания.

Тогда при глубине резания 1 мм эта вершина образована ограничениями по стойкости инструмента и по необходимой шероховатости поверхности, а при глубине 4 мм – ограничениями по мощности резания и максимально допустимой силой привода подачи. Полученные экспериментальные данные, определяющие оптимальный режим резания при разных величинах глубины H резания представлены в графической части работы.

При проведении экспериментов можно заметить, что оптимальная точка фазовой плоскости n - S образуется в основном тремя ограничениями: по стойкости, по мощности и по шероховатости. До глубины резания 3 мм основным ограничением, которое накладывается на подачу, является ограничение по необходимой шероховатости обработанной поверхности. При увеличении глубины резания вступает в действие четвертое ограничение – по силе подачи станка. При глубине резания больше 2 мм используется вся возможная мощность станка, то есть главным ограничением является ограничение по мощности главного привода. Для повышения производительности с такими глубинами резания (черновая обработка) необходимо использовать более мощный станок.

3.2 Проектирование вспомогательного приспособления

«Для токарных операций при загрузке и выгрузке деталей принимаем робототехнический комплекс (РТК) М20П.40.01., технические характеристики которого показаны в таблице 9» [17].

Таблица 9 – Характеристики РТК М20П.40.01

«Грузоподъемность, кг		Число степеней подвижности		Число манипуляторов		Наибольший вылет R, мм	
20		5		1		1100	
Линейные перемещения, мм				Угловые перемещения, град			
по оси Z		по оси R		по α		по β	
500		1100		-90...180		$\pm 3,5$	
Скорость перемещения, м/с				Скорость угловых перемещений, град/с			
по оси Z		по оси R		по α		по β	
0,008...0,5		0,008...1,0		60		30» [7]	
						по θ	
						0,001...0,06	

Проведем «разработку нового захватного устройства, которое от базового отличается малыми габаритами, надежностью и простотой конструкции» [16].

В процессе перемещения заготовки «требуются определенные силы захвата, которые будем определять по формуле» [16]:

$$\langle W = K_1 \cdot K_2 \cdot m \cdot g, \quad (25)$$

где K_1 – страховочный коэффициент равен 3;

K_2 – передаточный коэффициент» [16].

В формуле (25) $m = 33,06$ кг масса заготовки, рассчитанная ранее. g – ускорение свободного падения ($9,8 \text{ м/с}^2$). Передаточный коэффициент K_2 рассчитаем по формуле:

$$\langle K_2 = \frac{\sin \alpha}{2 \cdot \mu}, \quad (26)$$

где μ – коэффициент трения губок в месте контакта равен 0,16;

α - максимальный угол смыкания губок манипулятора равен 45° »
[16].

Тогда получим: $K_2 = \frac{\sin 45^{\circ}}{2 \cdot 0,16} = 2,2$.

Окончательно сила захвата: $W = 3 \cdot 2,2 \cdot 5,06 \cdot 9,8 = 327 \text{ Н}$.

«Расчетная схема захватного устройства представлена на рисунке 4.

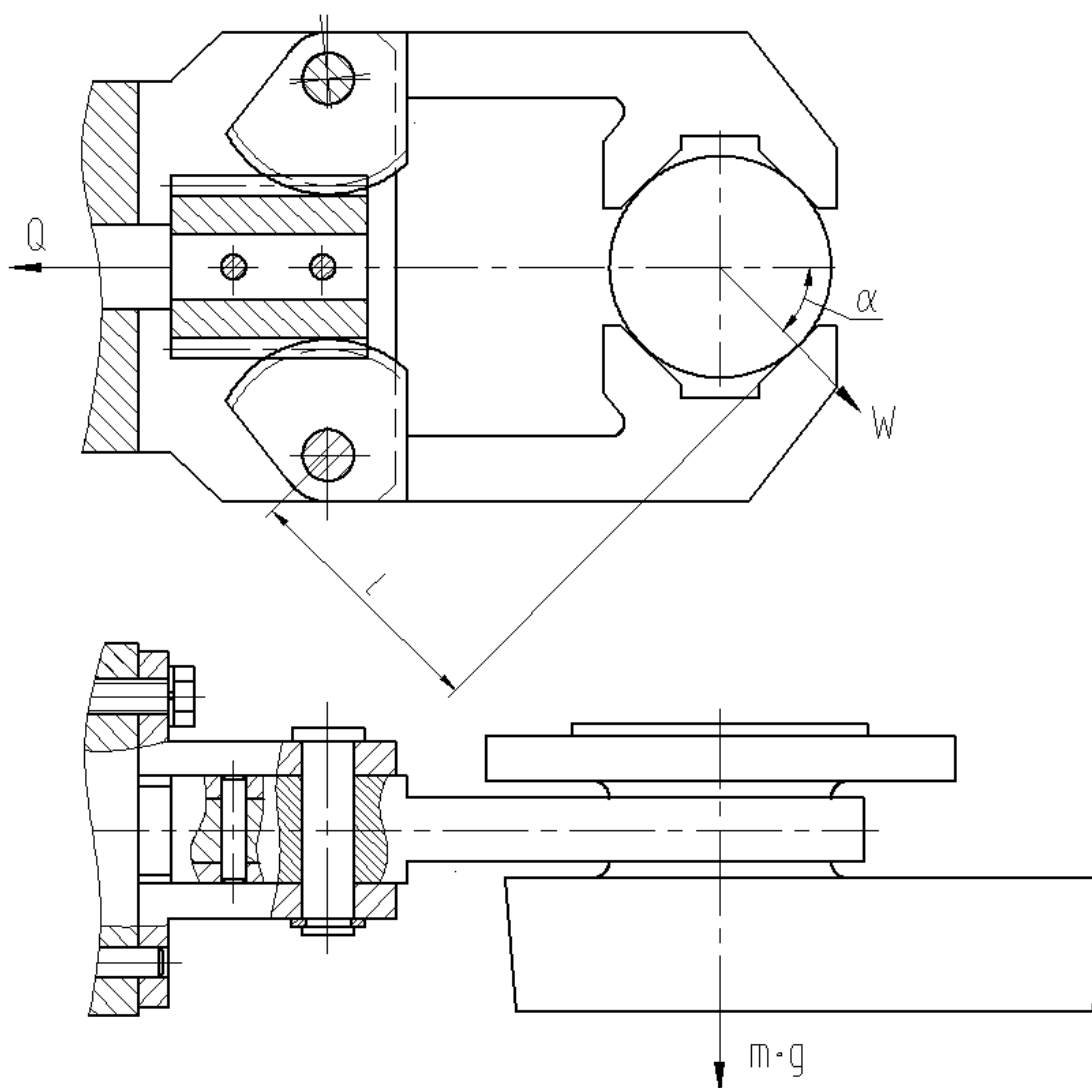


Рисунок 4 – Схема захватного устройства

Определим необходимое усилие привода Q из условия статического равновесия» [12]:

$$\langle Q \cdot \eta = \frac{1}{m_c \cdot r_c} \cdot 2 \cdot M, \quad (27)$$

где η – КПД реечной передачи;

M – максимальный момент сил;

m_c – модуль зубчатой передачи сектора равен 2;

r_c – число зубьев сектора равно 11» [16].

«Максимальный момент определим по формуле:

$$M = W \cdot l, \quad (28)$$

где l – плечо (на рисунке 8) равно 58 мм» [16].

Тогда получим:

$$Q = \frac{2 \cdot 327 \cdot 58}{2 \cdot 11 \cdot 0,9} = 1916 \text{ Н.}$$

«Значением рабочего давления привода будем считать 0,63 МПа. Тогда диаметр поршня пневматического цилиндра определим по формуле:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (29) \text{» [16]}$$

«Параметры, входящие в (29) расписаны ранее для выражения (24). Тогда получим» [9]:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{1916}{0,63 \cdot 0,9}} = 68 \text{ мм.}$$

«По ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значение для диаметра штока 75 мм, ход губок 22 мм и ход штока цилиндра 4 мм» [16].

«Захватное устройство работает следующим образом. При подаче сжатого воздуха в полость штока заготовка зажимается губками 2 посредством

их поворота зацеплением с зубьями рейки 10. Рейка 10 двигается за штоком 12, который тянется поршнем» [18]. «При подаче сжатого воздуха в поршневую полость шток с рейкой двигаются в обратном направлении, и заготовка разжимается» [17].

В настоящем разделе были «разработаны приспособления для определенной ранее выбранной технологической операции. Основные технические и технологические характеристики представлены в Приложении. Станочное приспособление в виде патрона с расчетом необходимых сил зажима заготовки для ее оптимальной обработки с получением требуемого качества обрабатываемой поверхности на этой операции. Основные технические и технологические характеристики представлены в Приложении. А также захватное устройство в виде приспособления для перемещения заготовки в зону обработки с расчетом необходимых сил зажима заготовки для ее дальнейшей обработки с получением требуемого качества обрабатываемой поверхности на этой операции» [16].

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

В разделе проведем анализ технического объекта на предмет обеспечения его безопасности и экологичности. Рассмотрим технологический процесс изготовления план-шайбы поворотного механизма. При производстве детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Технический объект реализуется с помощью использования следующего технологического оборудования:

- токарно-карусельный с ЧПУ SVT80;
- агрегатный сверлильный станок;
- карусельно-шлифовальный 3762Ф1;
- вертикально-сверлильный 2С132Ф2.

Технологического приспособления:

- самоцентрирующий патрон;
- специальное приспособление.

Режущего и мерительного инструмента:

- резцы с твердосплавными пластинами Т5К10;
- резцы с твердосплавными пластинами Т30К10, Т15К6;
- сверла с твердосплавными пластинами: Т15К6;
- зенкер Т15К6;
- метчик Р6М5;
- шлифовальный круг ПП 500-105-50 24А50СМ26К;
- развертка Т15К6;
- шлифовальный круг ПП 500-105-50 24А16СМ13К;
- датчики активного контроля, щупы.

В разделе будем рассматривать для проведения мероприятий наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции:

- токарная;
- сверлильная;
- шлифовальная;
- агрегатная.

В процессе механической обработки используются в качестве материала для заготовки сталь 20Л ГОСТ 977-88, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали применяется двусменный режим работы.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

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.

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.

В качестве потенциальных рисков можно выделить: «неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [5]; падение предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала.

К причинам возможной реализации перечисленных рисков можно отнести: неисправность оборудования; чрезвычайная ситуация природного и техногенного характера; сон на рабочем месте, ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ (легковоспламеняющиеся жидкости и другие материалы, запрещенные к свободному обороту); психическое заболевание; пандемия. Это может привести к «травме или заболеванию вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов» [5].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Выявленные потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной

сигнализации и защитных блокировок; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей.

Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; «регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности. Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [5]. А также предлагается ряд мероприятий: обучение персонала по программе обучения работников в области ГО и защиты от ЧС природного и техногенного характера; инструктаж и проверка знаний, сбор и обработка статистики, принятие оперативных и других мер; соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний; работа в дистанционном формате; введение двухсменного режима работы; организация работы резервных смен; ограничение передвижения по территории предприятия; электронное согласование документов; использование защитных средств на предприятии (масок, перчаток, антисептических средств). Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений.

Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой отопления; системой водоснабжения; системой канализации; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации.

4.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Возникновение пожара на объекте можно отнести к наиболее вероятным источникам возникновения аварийных ситуаций техногенного характера. Пожар возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. При пожаре возможно интенсивное дымовыделение при горении полимерных и синтетических материалов. Возможно получение ожогов и отравление продуктами горения рабочими. Задымлению будут подвергаться все помещения производственного участка при длительном горении. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи.

Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. 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.

Помещения производственного участка оборудованы пожарной сигнализацией, состоящая из дымовых пожарных извещателей «AJAX FireProtect Plus». Извещатели подключены последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными

извещателями ИПР-Р2. 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 «AJAX Hub Plus».

Пожар возможен в любом помещении производственного участка. Перекрытие устроено из металлических листов и щитов. Наружные стены и перегородки выполнены из керамического кирпича. Толщина наружных стен 0,75 м со штукатуркой с пределом огнестойкости не менее 45 мин, стены окрашены водоэмульсионной краской. Помещение возможного места пожара имеет значительную горючую нагрузку. Пожар может распространяться в любую сторону. Огонь будет проникать через различные отверстия в конструктивных элементах здания, в следствии чего будут загораться легковоспламеняемые элементы помещений. Пламя распространяется в основном в вертикальной плоскости и в сторону открытых проемов. Наслоения пыли в вентиляционных шахтах в следствии их загорания приведут к повышению уровня задымления. Вследствие долгого действия высокой температуры от огня, может произойти нарушение целостности конструкции и обрушение перекрытия крыши над зоной пожара. Дым может проникнуть во все помещения производственного участка. Капитальные элементы помещения будут ограничивать тепловое воздействие. Тепловое облучение будет иметь большее значение вблизи очага пожара, оконных проемах, дверных проемах, возле потолка помещения, в котором происходит горение.

К причинам возможной реализации пожара можно отнести: замыкание в электросети; повышенные нагрузки при механической обработке на станках; курение в неположенном месте; несоблюдение правил противопожарного режима; некомпетентность персонала.

Для снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения;

системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима «пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [5].

4.5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта

К наиболее вероятным источникам возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера можно отнести 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» [5].

В разделе был исследован технический объект в виде технологического процесса изготовления план-шайбы поворотного механизма на безопасность. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе был предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента, а, именно, технологического оборудования: токарно-карусельный с ЧПУ SVT80; агрегатный сверлильный станок; карусельно-шлифовальный 3762Ф1; вертикально-сверлильный 2С132Ф2. Технологического приспособления: самоцентрирующий патрон; специальное приспособление. Режущего и мерительного инструмента: резцы с твердосплавными пластинами Т5К10; резцы с твердосплавными пластинами

T30K10, T15K6; сверла с твердосплавными пластинами: T15K6; зенкер T15K6; метчик P6M5; шлифовальный круг ПП 500-105-50 24A50CM26K; развертка T15K6; шлифовальный круг ПП 500-105-50 24A16CM13K; датчики активного контроля, щупы.

При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе были предусмотрены профессиональные рабочие места. Технологический процесс реализовался организационно и технически на производственном участке, который был оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали был применен график двухсменного режима работы. Были определены опасные и вредные производственные факторы, а также соответствующие «риски их реализации. По снижению этих рисков были предложены мероприятия для обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности технического объекта в виде технологического процесса изготовления» [5] план-шайбы поворотного механизма.

5 Экономическая эффективность работы

Используя предложенное техническое решение по совершенствованию технологического процесса, описанное в предыдущих разделах, осуществим экономические расчеты с целью подтверждения целесообразности его внедрения. Чтобы доказать экономическую эффективность технического решения необходимо произвести соответствующие расчеты в определенной последовательности. Последовательный алгоритм экономических расчетов представлен на рисунке 5.

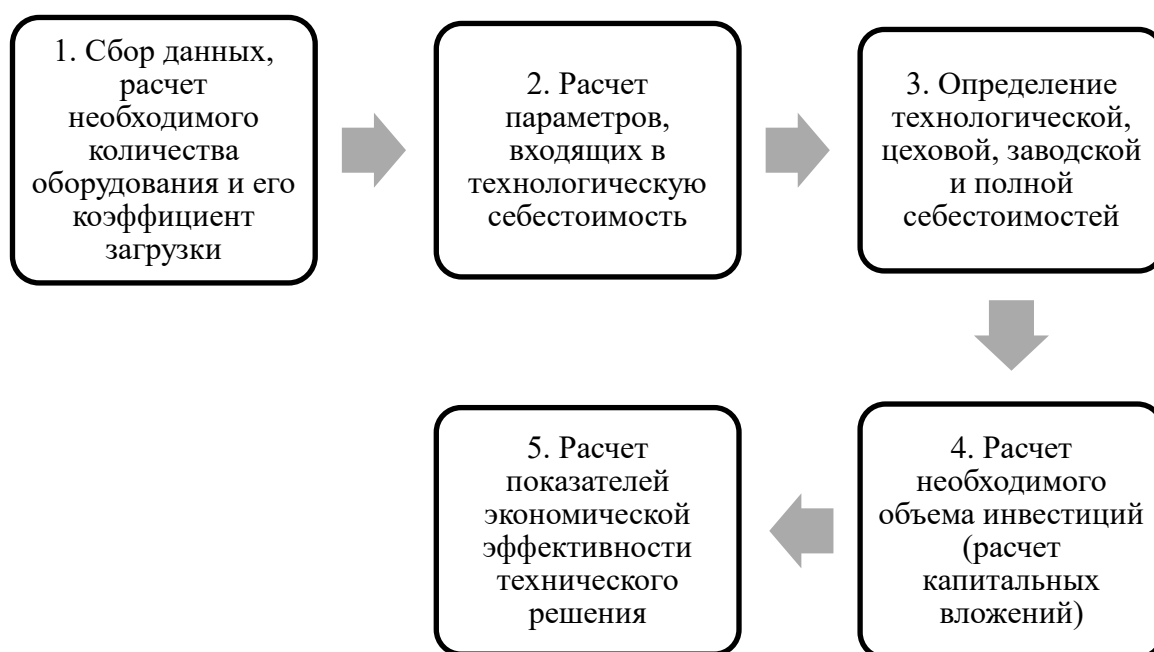


Рисунок 5 – Последовательный алгоритм экономических расчетов

Для составления алгоритма, представленного на рисунке 5, использовалось учебно-методическое пособие для выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы [6]. Выполнение каждого из перечисленных пунктов алгоритма сопровождается соответствующими расчетами, которые очень подробно описаны в этом пособии. Используя описанную методику, вычисление всех необходимых

параметров, была составлена программа расчета в системе Microsoft Excel, позволившая рассчитать все экономические показатели для написания заключения о целесообразности внедрения технического решения.

Далее необходимо, согласно алгоритму, представить полученные результаты проведенных расчетов.

Сбор данных, расчет необходимого количества оборудования и его коэффициент загрузки. Этот пункт был выполнен в предыдущих разделах бакалаврской работы, именно они отвечают за разработку технологического процесса, подбор оборудования, оснастки и инструмента. Так как имеется четкое понимание используемого технического парка оборудования, соответственно известны его технические характеристики: габариты и мощность электродвигателя.

Расчет параметров, входящих в технологическую себестоимость. Используя собранные данные в предыдущем пункте и необходимую методику, были определены слагаемые технологической себестоимости предложенного технического решения и базового варианта технологического процесса. Результаты расчетов, а точнее значения таких показателей как: заработная плата рабочего-оператора ($Z_{пл.оп}$), заработная плата наладчика ($Z_{пл.нал}$), социальные отчисления ($H_{з.пл}$) и расходы на эксплуатацию оборудования ($P_{э.об}$), представлены на рисунке 6.

Анализируя представленные на рисунке 7 значения, можно сказать, что внедрение технического решения позволит уменьшить величину показателей. В зависимости от параметра, благодаря предложенным изменениям, можно достигнуть его сокращения, в интервале от 10,68% до 20,79%, что в рублевом эквиваленте составляет – 0,16-5,39 рубля.

Сложив, представленные на рисунке 6 параметры, будет получено значение технологической себестоимости технического решения, так для базового варианта оно составит 80,17 рублей, а для проектного варианта – 68,11 рублей. Сокращение этой величины в проектируемом варианте составит 15,06%.

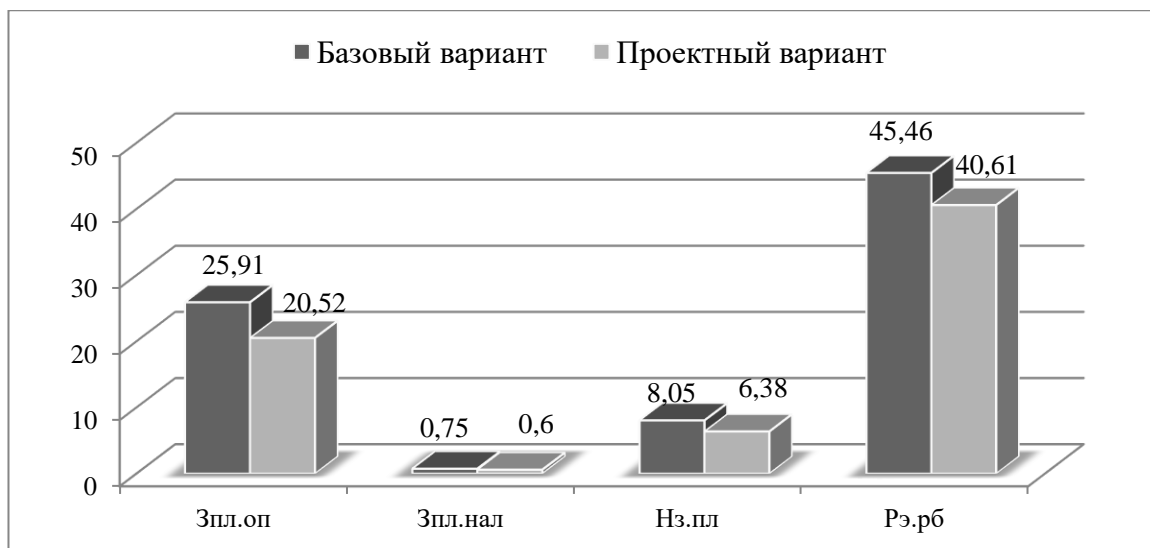


Рисунок 6 – Значения показателей, из которых складывается технологическая себестоимость технического решения, по вариантам, руб.

Определение технологической, цеховой, заводской и полной себестоимостей. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением этих параметров, представлены на рисунке 7.

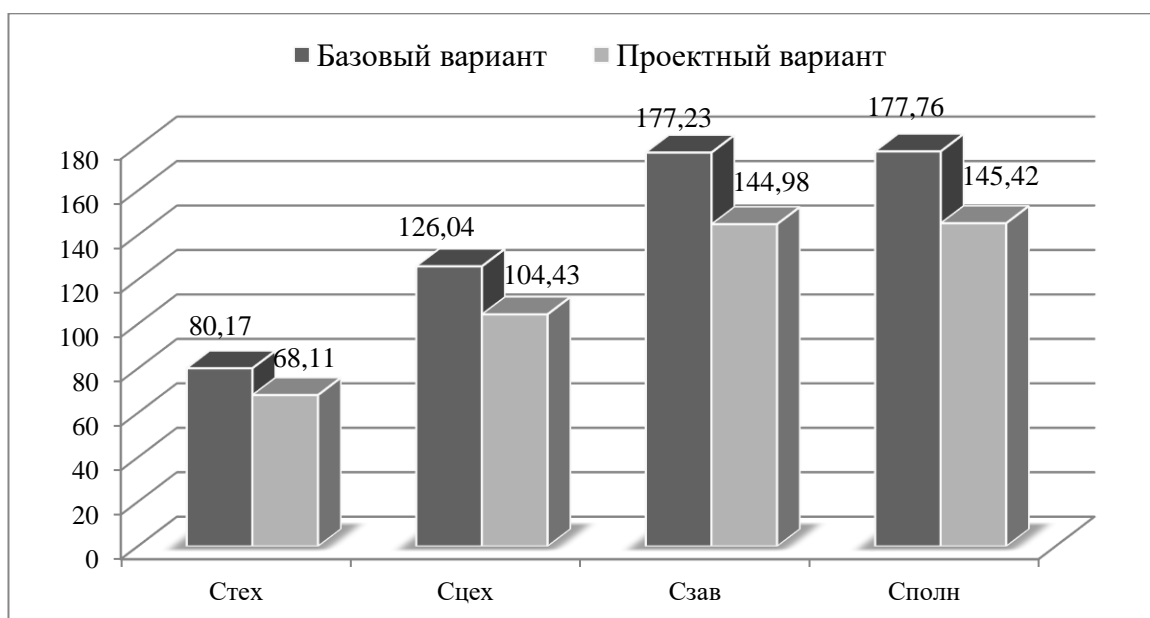


Рисунок 7 – Значение всех видов себестоимостей технического решения по вариантам, руб.

Значения, представленных на рисунке 7 параметров, в проектируемом варианте имеют тенденцию к снижению. Итоговое значение себестоимости (полной себестоимости) уменьшилось на 32,34 рублей, что составило 18,19%.

Расчет необходимого объема инвестиций (расчет капитальных вложений). Данный пункт предполагает определение величины необходимого финансового обеспечения для воплощения технического решения. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением объема инвестиций, включающих затраты на: проектирование ($Z_{ПР}$ равно 10304,8 руб.), корректировку управляющей программы (K_A равно 9721,83 руб.) и величину незавершенного производства ($HЗП$ равно 76,02 руб.), образовавшуюся в результате внедрения технического мероприятия, представлены на рисунке 8.

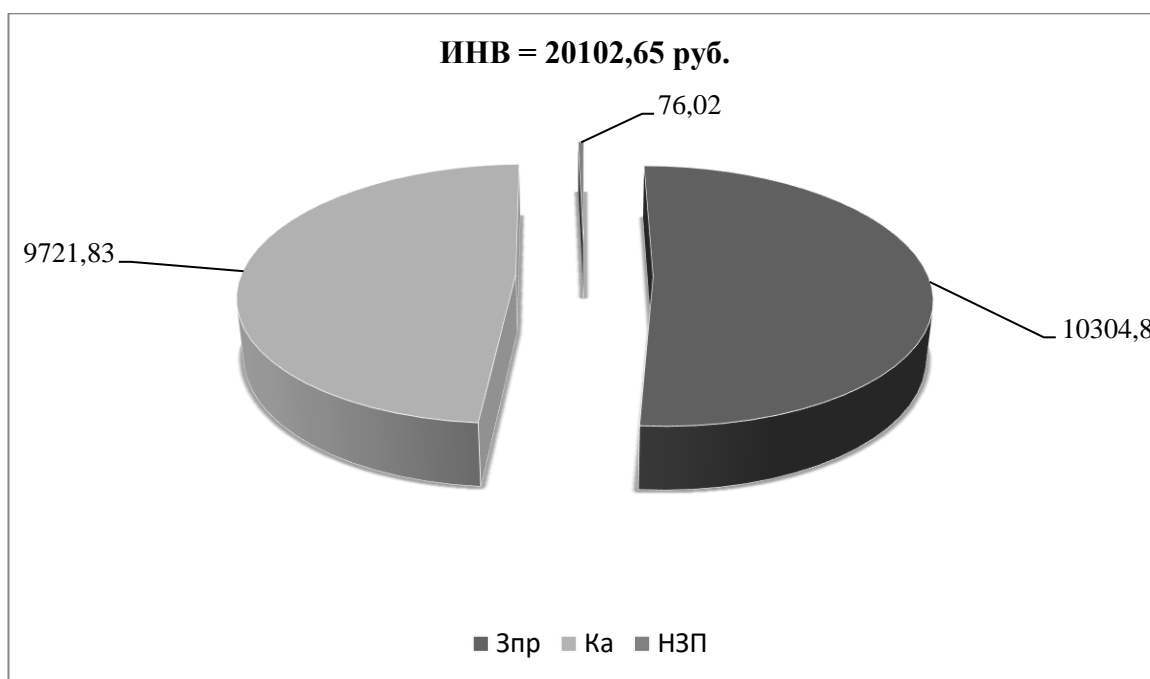


Рисунок 8 – Объем необходимых инвестиций для воплощения технического решения, руб.

Как видно из рисунка 9, наиболее финансово затратным является статья «затраты на проектирование», которая составляет 51,26% от общего объема инвестиций.

Расчет показателей экономической эффективности технического решения. Параметры, которые определяются в результате выполнения этого пункта, представлены на рисунке 9.

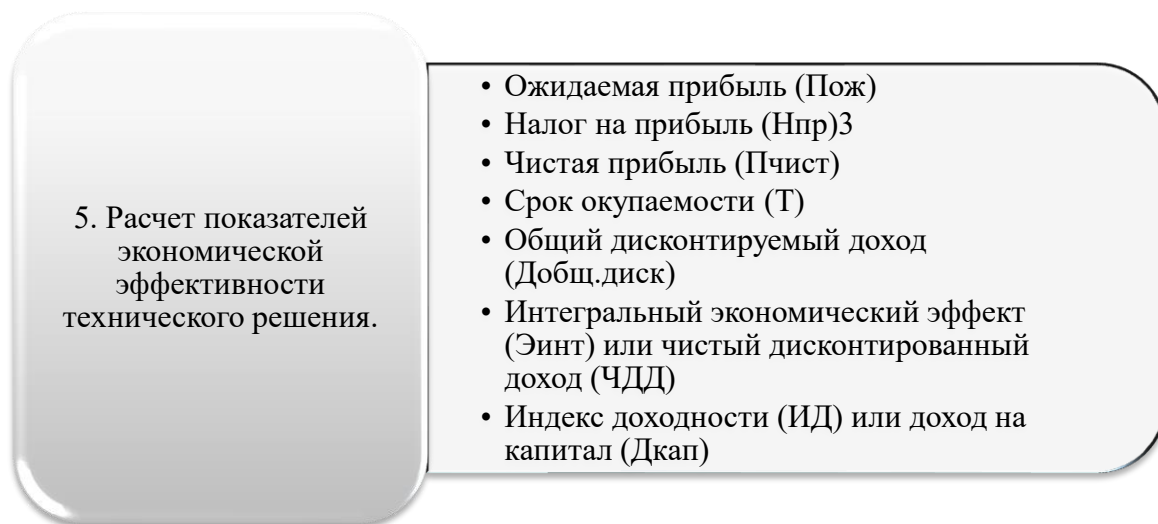


Рисунок 9 – Экономические показатели, определяемые в пункте 5 алгоритма экономических расчетов

Все эти показатели определяются последовательно друг за другом, то есть каждый последующий показатель использует значения предыдущего. Из всех перечисленных параметров, для того чтобы написать вывод о целесообразности внедрения технического решения, наибольший интерес представляет интегральный экономический эффект, а точнее знак («плюс» или «минус») перед этим значением. Другими словами, чтобы воплощать техническое решение, необходимо получить положительное значение интегрального экономического эффекта.

Проведя все необходимые расчеты, соответствующие пункту 5 алгоритма, было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 2394,75 рублей. Это значит, что предложенное техническое решение достойно быть внедренным.

Заключение

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы можно отметить особо значимые полученные результаты:

Определен тип производства, определены его характеристики, описан технологический процесс, в виде плана обработки в графической части работы. Произведен анализ применяемого оборудования. Выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса. Проведен анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства. Произведен анализ применяемых приспособлений. Выявлены станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса. Проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства. Выявлены приспособления, не обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительность. Произведен анализ применяемого режущего инструмента. Произведен анализ режимов резания. Показаны режимы резания и нормы времени на лимитирующей операции 015 токарно-карусельной. Произведен анализ контрольных операций. Сделаны выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса. Разработаны мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности технического объекта исследования. Показана экономическая эффективность.

Таким образом все предложения по совершенствованию базового технологического процесса изготовления детали были подтверждены соответствующими аналитическими расчетами с использованием необходимых справочных данных. Разработан новый технологический процесс изготовления детали. Разработан соответствующий единой системе конструкторской документации пакет технических и технологических документов, который представлен в виде Приложения А к пояснительной записке и графической части работы.

Список используемых источников

1. 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.
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
3. Балашов В.М. Проектирование машиностроительных производств: учебное пособие / В.М. Балашов, В.В. Мешков. – Старый Оскол: ООО ТНТ, 2018. 200 с.
4. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
5. 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.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.
11. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология

машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

12. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.

13. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.

14. 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.

15. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.

16. Сысоев С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. 352 с.

17. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Припуски и допуски отливок и поковок: справочник / Ю.А. Торопов. – СПб. : Издательство «Профессия», 2017. 598 с.

18. Филонов И.П. Инновации в технологии машиностроения: учебное пособие / И.П. Филонов, И.Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.

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

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

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

22. Kulkarni A., Vora R., & Ravi K. (2017). Study design and analysis of automobile bumper for pedestrian safety. Paper presented at the IOP Conference

Series: Materials Science and Engineering, 263(6)10.1088/1757-899X/263/6/062060

23. Li Z., Duan L., Chen T., & Hu Z. (2018). Crashworthiness analysis and multi-objective design optimization of a novel lotus root filled tube (LFT). *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 57(2), 865-875. 10.1007/s00158-017-1782-5

24. Patil S., Tay Y. Y., Baratzadeh F., & Lankarani H. (2017). Modeling of friction-stir butt-welds and its application in automotive bumper impact performance part 2. impact modeling and bumper crash performance. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31(7), 3225-3232. 10.1007/s12206-017-0612-4

25. Teng T. -, Chang P. -, Liang C. -, & Fung D. -. (2017). Application of crash pulse on the car crashworthiness design. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(9), 1-8. 10.1177/1687814017700096

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

А		Б				Обозначение документа													
цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз.	Тшт.	
01	035	4101	Агрегатная	ИОТ И 37.101.7013-88															
02			агрегатный станок				2	17355	411	1Р	1	1	1	1	945	0,39	10	2,15	
03																			
04	040		Термическая																
05																			
06	045	4130	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7017-88															
07			Карусельно-шлифовальный 3762Ф1				2	18873	411	1Р	1	1	1	1	945	0,39	7	2,86	
08																			
09	050	4130	Сверлильная	ИОТ И 37.101.7017-88															
10			Вертикально-сверлильный 2С132Ф2				2	18873	411	1Р	1	1	1	1	945	0,39	7	2,98	
11																			
12	055	4130	Шлифовальная	ИОТ И 37.101.7017-88															
13			Карусельно-шлифовальный 3762Ф1				2	18873	411	1Р	1	1	1	1	945	0,39	7	2,76	
14																			
15	060	0200	Моечная	ИОТ И 37.101.7026															
16			КММ				2	XXXX	411	1Р	1	1	1	1	945	1	-	2,60	
17																			
18	065		Контрольная																
18																			
18																			
МК																			

