

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 механизма поворота

Обучающийся

А.Э. Гемелюк

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

ст. преподаватель И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассматривается технология изготовления план-шайбы механизма поворота в годовом объеме выпуска 1000 деталей в год. Исходя из служебного назначения детали, показана возможность ее изготовления, которая доказана с помощью анализа технологичности. Выбран материал для заготовки, учитывая его физико-механические свойства, химический состав и возможность механической обработки. Определен материал – сталь 20ХГНМ ГОСТ 5950–83. Проведена систематизация всех поверхностей детали и назначена стратегия их обработки. Проведен сравнительный экономический анализ для выбора наиболее оптимального метода получения заготовки. Проведен расчет припусков для заготовки. Выбраны «средства технологического оснащения в виде необходимого и подходящего оборудования; доступных и несложных приспособлений; режущего инструмента и средств контроля» [11] для получения требуемого качества, обработанных в результате их применения, поверхностей. Спроектированы операции. Назначены скорость резания и подачи. Режимы резания определены на основе табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента. Проведено нормирование после определения режимов резания. Спроектировано приспособление, которое обеспечило надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Спроектирован режущий инструмент. Доказана экономическая эффективность предлагаемых изменений технологического процесса относительно базового. Выполнен анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотрены мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки. Предложены мероприятия для достижения безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта. Даны рекомендации для внедрения разработанного нового технологического процесса на реальном производстве.

Abstract

In the final qualifying work, the technology of manufacturing the plan-washer of the turning mechanism in the annual output of 1000 parts per year is considered. Based on the service purpose of the part, the possibility of its manufacture is shown, which is proved by the analysis of manufacturability. The material for the workpiece was selected, taking into account its physical and mechanical properties, chemical composition and the possibility of machining. The material was determined – steel 20KhGNM GOST 5950–83. A systematization of all surfaces of the part was carried out and a strategy for their processing was assigned. A comparative economic analysis was carried out to select the most optimal method for obtaining a workpiece. Calculation of allowances for the workpiece. Selected means of technological equipment in the form of necessary and suitable equipment; affordable and uncomplicated devices; cutting tools and controls to obtain the required quality of surfaces processed as a result of their application. Operations designed. The cutting speed and feed are assigned. Cutting conditions are determined on the basis of tabular data, taking into account the type of material and tool characteristics. Normalization was carried out after determining the cutting conditions. A fixture was designed that provided reliable fastening during high-speed processing. The cutting tool is designed. The economic efficiency of the proposed changes in the technological process relative to the base one has been proved. The technology was analyzed for dangerous and harmful production factors. Labor protection measures are provided to ensure the specified processing conditions. Proposed measures to achieve the safety and environmental friendliness of the considered technical object. Recommendations are given for the implementation of the developed new technological process in real production.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ объекта проектирования.....	7
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	7
1.2 Формулировка задач проектирования.....	10
2 Технология изготовления детали.....	12
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения	12
2.2 Проектирование технологической операции	24
3 Проектирование специальных средств оснащения	28
3.1 Захватное устройство.....	28
3.2 Режущий инструмент.....	31
3.3 САУ токарной обработкой.....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	36
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	50

Введение

Станки играют важную роль в промышленной металлообработке. Вид основного оборудования, потребление станков является сильным показателем общей производственной мощности. Производство высоко концентрировано, и подавляющее большинство прецизионных станков, используемых в передовом производстве по всему миру, производится в небольшом числе стран [22]. Наиболее важными производителями станков являются Китай, Германия и Япония. Китай уникален тем, что его массовое производство в подавляющем большинстве предназначено для его собственного внутреннего производственного сектора, в то время как все другие крупные производители экспортируют значительную часть своих станков. Другими крупными производителями станков являются Италия, Южная Корея, Соединенные Штаты, Тайвань и Швейцария; за пределами этих стран почти все прецизионные станки должны импортироваться. В настоящей выпускной квалификационной работе при реализации технологического процесса используется высокопроизводительное оборудование [23]. В России, США и Великобритании с момента их пика наблюдался спад производства станков в разной степени, в то время как несколько восточноазиатских экономик за тот же период построили или значительно расширили свою станкостроительную промышленность, а несколько европейских стран сохранили высокий уровень производства [2]. Это произошло потому, что производство станков требует существенной социальной инфраструктуры, такой как образованные работники, значительные капиталовложения и сильная клиентская база, которую компании на фрагментированном рынке станкостроения, как правило, не могут создать самостоятельно [9]. Эти моменты требуют преднамеренных действий государства для создания и продолжения политики для поддержания. Все успешные страны придерживаются четкой политики, помогающей производителям станков, в то время как те, которые пришли в упадок или вообще не смогли наладить значительное производство, этого не

сделали. Эта политика была успешно реализована только государствами с сильной координацией между элитами в правительстве, бизнесе и финансах. Продукты, начиная от автомобилей и заканчивая самолетами, военными кораблями и медицинскими приборами, мобильными телефонами и оборудованием для горнодобывающей промышленности, требуют скорости производства, качества и точности обработки, а также масштабируемости станков. Квалифицированная рабочая сила необходима для производства станков. В процессе проектирования требуются инженерные разработки в области механики, электротехники и программного обеспечения, опытные технические специалисты необходимы для сборки и тестирования, для соблюдения графика требуется отличное управление цепочками поставок и производством, а для поддержания отношений с клиентами необходимы глобальные команды технических продаж и поддержки [13]. Компании, находящиеся на переднем крае, должны постоянно инвестировать в НИОКР, которые для наиболее специализированных и передовых станков должны включать тесные отношения с ключевыми заказчиками, чтобы гарантировать, что расходы на НИОКР направлены на проекты, которые принесут реальную пользу.

В работе проводится сравнительный анализ технических средств, потенциально возможных для использования в проектируемом технологическом процессе. Для реализации предлагаемого технологического процесса в этой работе будем использовать высокопроизводительное оборудование с числовым программным управлением на лимитирующей технологической операции.

1 Анализ объекта проектирования

1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

В проектируемом технологическом процессе для изготовления рассматривается деталь «План-шайба», которая является составляющим элементом механизма поворота. Механизм осуществляет поворот корпуса промышленного робота манипулятора. Деталь является наружным кольцом, в котором устанавливается подшипник качения и в процессе использования испытывает большие нагрузки [1]. Испытывает деформации в условиях износа трением. Деталь показана на рисунке 1.

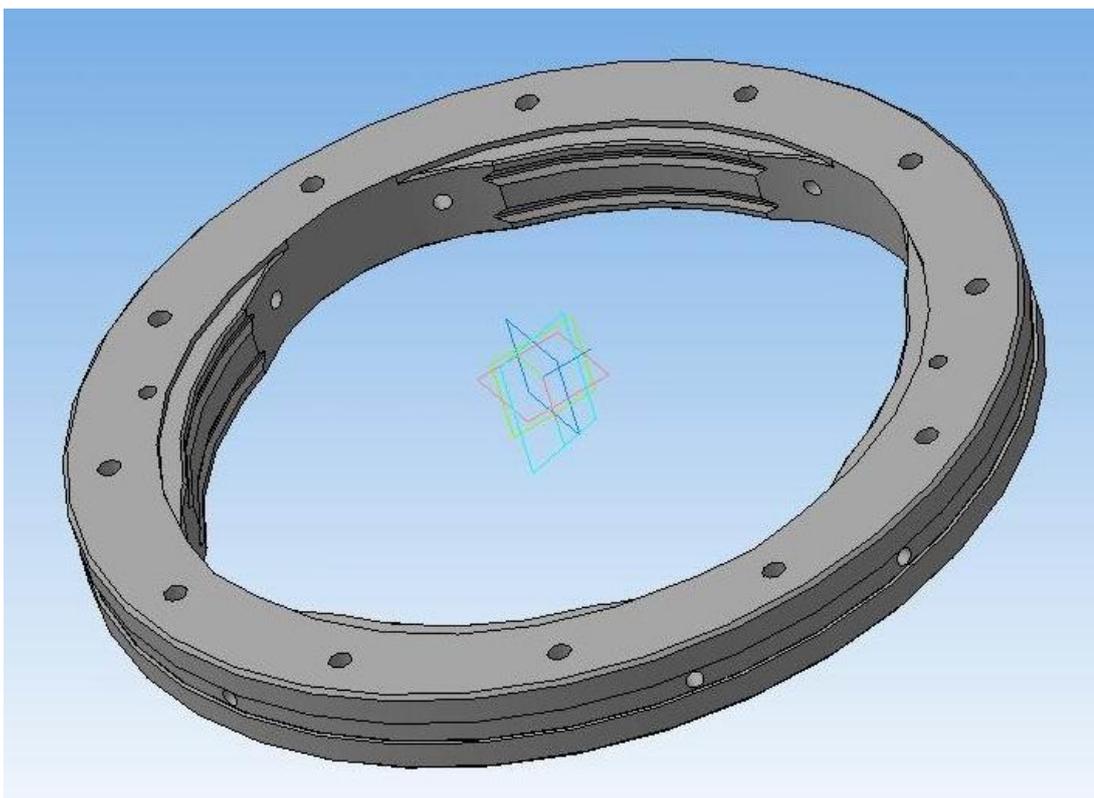


Рисунок 1 – План-шайба

Основной функциональной особенностью детали является осуществление правильной геометрической ориентации обоймы подшипника,

которая предназначена для фиксации шариков внутри по проточке. Базируется план-шайба посредством штифтов и закрепляется с помощью винтов по резьбовым отверстиям.

Для изготовления рассматриваемой детали, исходя из ее служебного назначения, наиболее подходит материал – сталь 20ХГНМ ГОСТ 5950–83, так как его физические и механические свойства полностью удовлетворяют тем требованиям, которые предъявляются для поддержания соответствующего напряженно-деформированного состояния детали при ее эксплуатации [14]. Чтобы увеличить прочность детали до 49-57 HRC, проводят закалку токами высокой частоты.

Химический состав материала также соответствует предъявляемым требованиям – содержание углерода от 0,42 до 0,50 процента, содержание кремния от 0,17 до 0,37 процента, содержание марганца от 0,50 до 0,80 процента, содержание хрома 0,25 процента, содержание серы 0,4 процента, содержание фосфора 0,035 процента, содержание меди 0,25 процента, содержание никеля 0,25 процента, содержание астата 0,08 процента, остальное железо. Далее пронумеруем поверхности детали и проведем их классификацию. Такая систематизация (рисунок 2) позволит начать проектирование технологического процесса их обработки.

В качестве основных конструкторских баз определим поверхности 1 и 4, в качестве вспомогательных конструкторских баз определим поверхности 2, 3, 6-14. Исполнительной поверхностью, исходя из служебного назначения детали, являются поверхности 6 и 7. Остальные поверхности характеризуем как свободные.

Одно из основных требований к детали – это её технологичность, определяемая удобством в изготовлении и эксплуатации [21]. Совершенство конструкции детали также определяется использованием наиболее экономических, экономичных и производительных технологических методов ее изготовления. В значительной мере технологичность конструкции детали определяется возможностью наиболее простой механической обработки.

Принято считать, что конструкция детали должна отрабатываться на технологичность в процессе ее проектирования, а не изготовления.

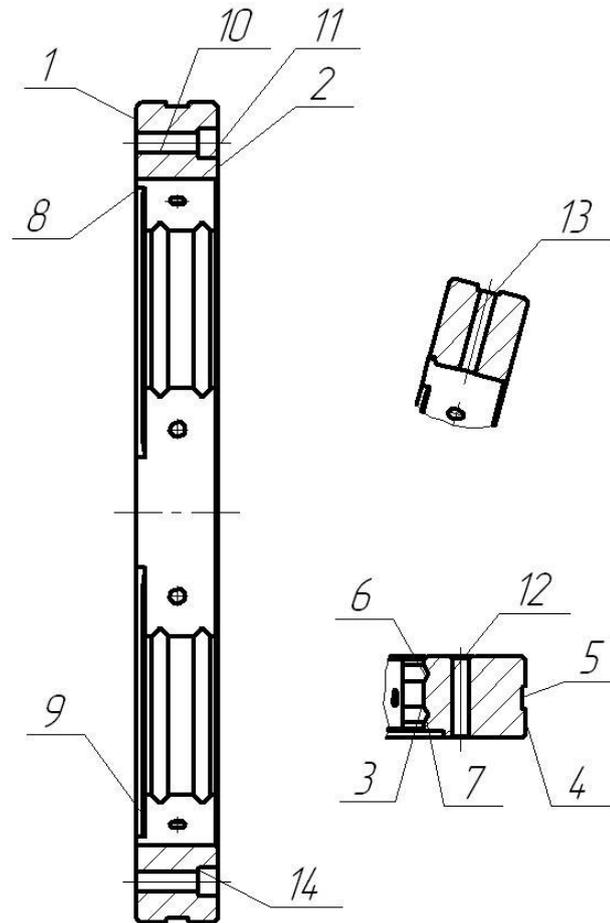


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей

Намечая технологический процесс обработки детали, взятой по заданию на выпускную квалификационную работу, желательно руководствоваться следующими принципами.

В начало технологического процесса относят процедуры, раскрывающие скрытые дефекты на начальной стадии обработки (пористость, коробление, трещины, и тому подобное), а также создаются оптимальные условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке.

Осуществляется выбор технологических баз и обоснование этих

выбранных баз. Задаётся очередность и способы обработки поверхностей заготовки. Исходя из требований к качеству детали, устанавливается количество переходов при обработке каждой поверхности, а также оборудование для выполнения данной операции.

Выявляется индивидуальная технологическая оснастка для выполнения операции и разрабатываются условия, которым должен соответствовать каждый вид выбранной оснастки.

Для поворотных поверхностей следует максимально избегать смены баз и связанных с необходимыми сменами добавочных погрешностей. Первыми обрабатываются поверхности, являющиеся базовыми при последующей обработке. Затем обрабатывают поверхности со снятием наибольшего слоя металла. Далее выполняют обработку поверхностей, при снятии металла с которых уменьшается жёсткость детали [3].

При выборе установочных баз соблюдаются основные условия: постоянство баз и совмещение технологических баз с конструкторскими.

Не рекомендуется комбинирование обработок («черновой и чистовой») в одной операции и на одном оборудовании. Подобное совмещение допустимо только при обработке жёстких деталей с небольшими припусками» [11].

Крайней производят обработку легкоповреждаемых поверхностей, например, наружной резьбы. Последовательность операций зависит от последующих термической (ТО) и химико-термической обработки (ХТО).

Рабочие поверхности необходимо шлифовать и полировать [19].

1.2 Формулировка задач проектирования

В предлагаемой выпускной квалификационной работе планируется разработать новую технологию изготовления рассматриваемой детали. Для чего необходимо провести ряд технологических, технических и экономических мероприятий, при этом поставлены следующие задачи.

Исходя из служебного назначения детали, показать возможность ее изготовления, которая доказывается с помощью анализа технологичности. Выбрать материал для заготовки, учитывая его физико-механические свойства, химический состав и возможность механической обработки этого материала. Определен материал – сталь 20ХГНМ ГОСТ 5950–83. Провести систематизацию всех поверхностей детали и назначить стратегию их обработки. Провести сравнительный экономический анализ для выбора наиболее оптимального метода получения заготовки. Провести расчет припусков для заготовки и переходы. Выбрать необходимые средства технологического оснащения и подходящее оборудование, доступные и несложные приспособления, режущий инструмент и средства контроля [23] для получения требуемого качества, обработанных в результате их применения, поверхностей. Спроектировать операции. Назначить скорость резания и подачи. Режимы резания должны быть определены на основе табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента. Провести нормирование после определения режимов резания. Спроектировать приспособление, которое обеспечит надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Спроектировать режущий инструмент. Доказать экономическую эффективность предложенных изменений технологического процесса относительно базового. Выполнить анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотреть мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки. Предложить мероприятия для достижения безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта. Дать рекомендации для внедрения разработанного нового технологического процесса на реальном производстве.

В результате в разделе проведен анализ исходных данных для реализации проектирования нового технологического процесса и определены задачи для достижения поставленной цели.

2 Технология изготовления детали

2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения

Перед производством изделия необходимо учитывать следующие параметры:

- форму заготовки;
- размеры заготовки;
- массу заготовки;
- материал заготовки;
- тип производства;
- припуск.

Обоснованный экономический выбор заготовки для производства ведет:

- к снижению себестоимости детали;
- снижению трудоёмкости.

На основании этих суждений сделаем вывод, что важной задачей при выборе заготовки является снижение затрат на основные материалы, то есть уменьшение расхода материалов [10].

При выборе заготовки для производства необходимо учитывать ряд факторов. Материал, подлежащий литью [6]. Различные материалы имеют разную твердость, прочность и ударную вязкость, что может повлиять на способ получения заготовки. Необходимо учитывать диаметр и длину заготовки, ее ступенчатость. Ее размеры определяются возможным напуском для упрощения формы заготовки и потерями на дополнительную обработку. Для полый заготовки необходимо определиться с желаемым размером отверстия и возможностью его получения.

Эти факторы должны быть приняты во внимание для эффективного проектирования заготовки и технологии ее изготовления.

По заданию годовая программа выпуска детали 1000 штук при массе 29,34 килограмма. Определяем тип производства, как среднесерийный.

Получение заготовки осуществляется отливкой в армированный кокиль. Параметры заготовки определим по методике [4]: масса заготовки равна 33,74 килограмма, стоимость одного килограмма заготовки 12 рубля, стоимость механической обработки 150 рублей, стоимость одного килограмма отходов 1,4 рубля. Тогда технологическая себестоимость изготовления заготовки равна 526 рублей [6]. На рисунке 3 показана отливка.

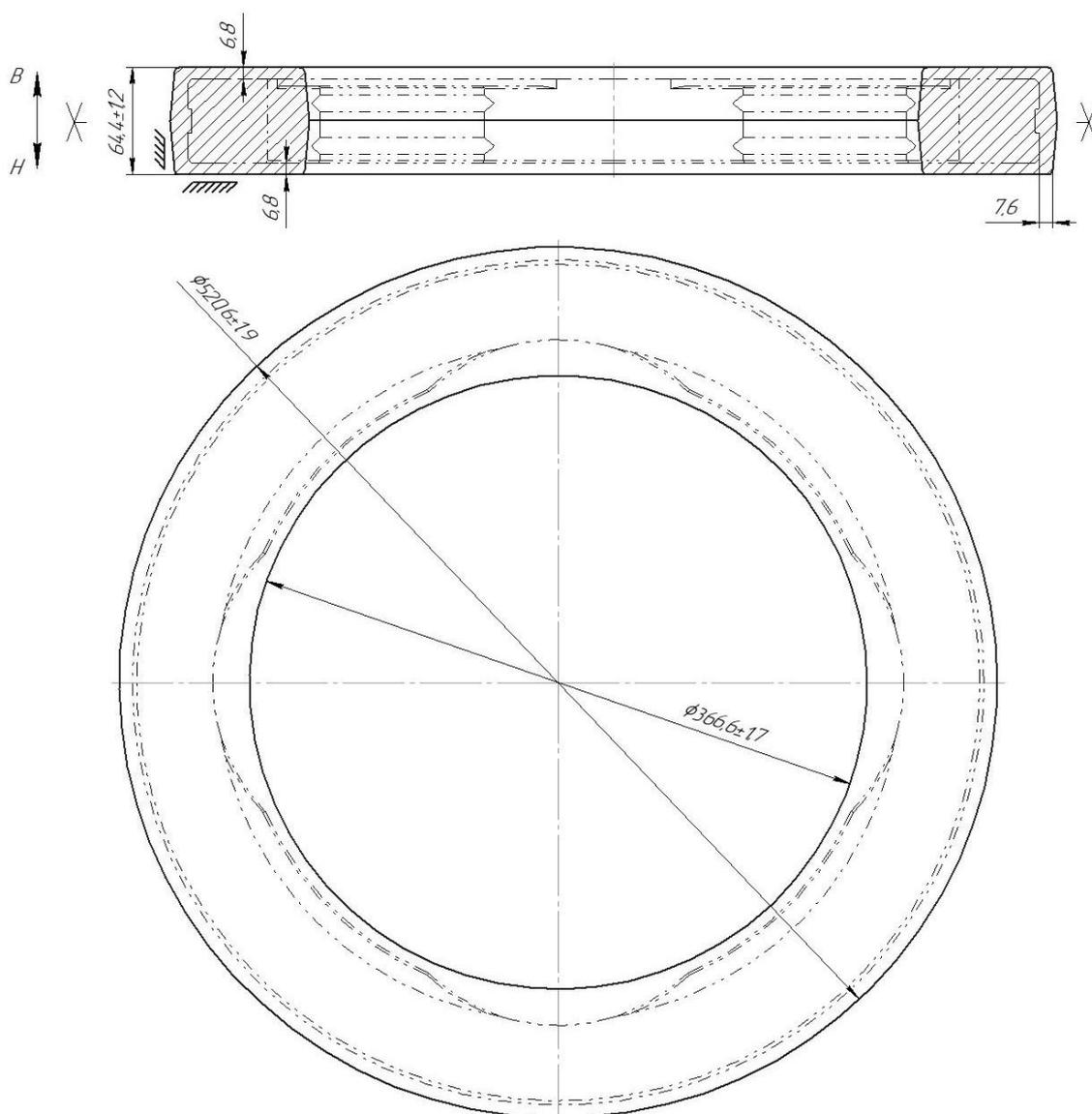


Рисунок 3 – Отливка

Литьем в кокиль называют способ получения фасонных отливок в

металлических формах – кокилях. Кокиль – это металлическая разборная форма для получения серийных отливок заданной геометрии [6]. Он может выдерживать от 10 000 заливок, то есть в одном кокиле можно изготовить до 10 000 заготовок. В кокилях получают отливки из чугуна, стали, меди, бронзы и других металлов и сплавов.

Получение заготовок литьем в кокиль проводится по следующей схеме.

- очищенный от старого разделительного покрытия кокиль прогревают до температуры 300 °С и поверхности, которые будут контактировать с расплавленным металлом, покрывают новым слоем;
- при необходимости устанавливают стержни;
- закрывают кокиль и через отверстие заливают расплавленный металл;
- после охлаждения и затвердевания залитого сплава извлекают полученную заготовку [6].

Формирование отливки происходит при интенсивном отводе теплоты от отлитой заготовки к массивному металлическому кокилю. Это способствует получению отливок с более высокой плотностью и лучшими механическими свойствами, чем у отливок, полученных в песчаных формах [8]. Кроме того, они обладают лучшей геометрией и эстетикой поверхности.

Метод литья в кокиль широко применяется в серийном, крупносерийном и массовом производствах. Полученные отливки обладают высокими и стабильными показателями качества, такими как механические свойства, структура, плотность, шероховатость, точность размеров [6].

Применение литья в кокиль устраняет из технологического процесса тяжелые и вредные операции: выбивку форм, очистку отливок от пригара, их обрубку. Это позволяет улучшить на предприятии условия труда и уменьшить загрязнение окружающей среды.

Выбираем литье в армированный кокиль [6].

В таблицу 1 сведем результаты расчета припусков и допусков.

Таблица 1 – Припуски и допуски для заготовки

Деталь			Заготовка		
поверхность	размер, мм	Ra, мкм	припуск, мм	допуск, мм	размер, мм
2А	Ø528	0,4	$Z_1=1,9+0,6=2,5$	$2,71_{-0,8}^{+1,4}$	$\text{Ø}533_{-0,8}^{+1,8}$
2Б	Ø526	0,4	$Z_5=1,9+0,6=2,5$	$2,08_{-0,8}^{+1,4}$	$\text{Ø}530_{-0,8}^{+1,4}$
2Ж	Ø421	0,4	$Z_6=1,9+0,6=2,5$	$2,63_{-0,8}^{+1,4}$	$\text{Ø}525_{-0,8}^{+1,4}$

Выбор технологических переходов по обработке поверхностей планшайбы включает этапы:

Первый этап: определение требований к изделию – необходимо определить геометрические параметры детали, требования к качеству поверхности, точности размеров и другие характеристики.

Второй этап: анализ возможных вариантов технологии обработки. Необходимо проанализировать различные переходы, которые могут быть применены для изготовления. Это может включать разные комбинации токарной обработки, сверления, шлифования.

Третий этап: оценка влияющих факторов на выбор технологии обработки. К ним относятся стоимость оборудования, стоимость материалов, время обработки, требования к точности и качеству поверхности. Нужно учесть возможности переналадки оборудования для серийного производства.

Четвертый этап: сравнение технологических переходов с учетом оценки влияющих факторов. Выбрать наиболее подходящие для конкретной ситуации по критерию минимальной себестоимости.

Пятый этап: определение последовательности операций и параметры обработки для каждой операции. Это включает в себя выбор инструментов, режимов резания, скорости и подачи.

Шестой этап: после определения последовательности переходов необходимо разработать управляющие программы для станка, которые будут использоваться для обработки заготовки.

Выбор методов обработки для каждой поверхности:

Плоская поверхность 1 должна отличаться 6 квалитетом точности и шероховатостью Ra2,5. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифовать начерно (точность 7 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифовать начисто (точность 6 квалитет, шероховатость Ra2,5) и в завершении термически обработать.

Плоская поверхность 2 должна отличаться 6 квалитетом точности и шероховатостью Ra2,5. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифовать начерно (точность 7 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифовать начисто (точность 6 квалитет, шероховатость Ra2,5) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 3 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 4 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 5 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 6 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 7 должна отличаться 6 квалитетом точности и шероховатостью Ra2,5. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифовать начерно (точность 7 квалитет, шероховатость Ra6,3), шлифовать начисто (точность 6 квалитет, шероховатость Ra2,5) и в завершении термически обработать.

Плоская поверхность 8 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Плоская поверхность 9 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 10 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: сверлить (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), зенкеровать (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), нарезать резьбу и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 11 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: сверлить (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), зенкеровать (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), нарезать резьбу и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 12 должна отличаться 6 квалитетом точности и шероховатостью Ra1,6. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: сверлить (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), зенкеровать (точность 6 квалитет, шероховатость Ra1,6) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 13 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем

осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: точить начерно (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), точить начисто (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3) и в завершении термически обработать.

Цилиндрическая поверхность 14 должна отличаться 8 квалитетом точности и шероховатостью Ra6,3. На технологической операции для получения таких технологических характеристик точности будем осуществлять обработку с помощью последовательности технологических переходов: сверлить (точность 10 квалитет, шероховатость Ra12,5), зенкеровать (точность 8 квалитет, шероховатость Ra6,3), нарезать резьбу и в завершении термически обработать.

Выбор оборудования является критически важным для реализации эффективной технологии изготовления корпуса. Токарно-фрезерные станки являются новым направлением в станкостроении. Они очень универсальны и могут использоваться для самых разнообразных переходов, так как имеют широкие технологические возможности. Добавление автоматической смены инструмента на станке за счет встроенных манипуляторов экономит время за счет быстрой и автоматической замены различных инструментов по мере необходимости [24]. Интеграция с роботизированными системами токарно-фрезерных станков. Они могут работать в паре с транспортными и загрузочными роботами, что еще больше автоматизирует производственный процесс и снижает необходимость вмешательства человека. Постоянный переход на более совершенные режущие инструменты. Они постоянно совершенствуются, и обновление используемых инструментов может привести к значительному повышению производительности и точности. Внедрение систем охлаждения с комплексной очисткой-фильтрацией и охлаждением СОЖ. Встроенные системы охлаждения снижают температуру в зоне резания, обеспечивают снижение сил трения, продлевая срок службы инструмента и повышая их эффективность.

Добавление сквозного программного обеспечения CAD/CAM в процесс проектирования облегчает проектирование технологии. С помощью усовершенствованного программного обеспечения CAD/CAM можно быстрее, точнее и эффективнее изготавливать сложные детали на токарно-фрезерном станке за счет автоматической генерации управляющей программы. Внедрение систем мониторинга и отчетности в режиме реального времени за ходом реализации технологического процесса также позволяет операторам станков отслеживать производительность в режиме реального времени. Это оптимизирует рабочий процесс и сводит к минимуму простои.

Необходимо выбирать станки, которые будут экономически оправданными и не будут требовать больших затрат на их обслуживание. При выборе станков необходимо учитывать уровень квалификации операторов, которые будут работать на них. Автоматизированные станки требуют большой квалификации и опыта для их использования. Но станки с ЧПУ обеспечивают при высокой производительности точность и гибкость для обработки разных деталей в серийном производстве.

Из проведенного анализа современных научных исследований в области повышения производительности механической обработки с минимизацией затрат можно сделать вывод, что необходимо совершить выбор не только высокопроизводительного и современного оборудования и инструмента, но и средств программного обеспечения и правильность построения самого технологического процесса с обеспечением всех требований, предъявляемых к производству детали.

На основании проведенного анализа для повышения производительности механической обработки предлагается замена универсального оборудования на современные металлообрабатывающие центры с ЧПУ, которые позволят выполнять широкий спектр работ за один постанов детали, тем самым минимизируя время изготовления, производственные затраты с увеличением точности и качества обработки [25].

Для выполнения токарных работ по обработке общего контура детали в сочетании с выполнением расточных работ принимаем токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80, который позволит совместить операции 005-020 (базовый ТП) за счет последовательного выполнения всех переходов по данным операциям на одном станке за два постанова детали.

Для фрезерования внутренних цилиндрических проточек принимаем фрезерный станок с ЧПУ XD40, который используется на 025 операции за счет последовательного выполнения всех переходов по данной операции на одном станке за один постанова детали.

Для сверления всех отверстий принимаем агрегатный сверлильный станок, который используется на 035 операции за счет последовательного выполнения всех переходов по данной операции на одном станке за один постанова детали.

Для шлифования плоских торцевых поверхностей принимаем карусельно-шлифовальный станок марки 3762Ф1 с ЧПУ, который предназначен для операций шлифования как профиля, так и шлицевых и прямых пазов произвольной формы с помощью червячных, дисковых и различных профильных шлифовальных кругов. Обработка производится с использованием системы ЧПУ в диалоговом режиме, правка и профилирование детали и абразивного инструмента осуществляется силами станка в процессе операции. Используется станок на 045 и 055 операциях.

Для сверления отверстий под штифты принимаем вертикально-сверлильный станок 2С132Ф2, который используется на 050 операции за счет последовательного выполнения всех переходов по данной операции на одном станке за один постанова детали.

В таблицу 2 сведем выбранные средства технологического оснащения: к каждой технологической операции определим необходимое оборудование, приспособление, инструмент с его характеристиками и средства контроля.

Таблица 2 – Выбор СТО

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Средство контроля
000 заготовительная	литьевая машина	-	-	-
005 токарно-карусельная	токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80	«патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	резец проходной Т5К10 $\varphi=97^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 сверло спиральное с коническим хвостовиком $\varnothing 24$ ГОСТ 10903-77 Р6М5К5 резец токарный расточной Т5К10 $\varphi=110^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=16$ $b=16$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 резец токарный Т5К10 $B=10$ $\varphi=90^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83	шаблон ГОСТ 2534-73
010 токарно-карусельная	токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80	патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	резец проходной Т5К10 $\varphi=97^\circ$, $\varphi_1=8^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 сверло спиральное с коническим хвостовиком $\varnothing 24$ ГОСТ 10903-77 Р6М5К5 резец токарный расточной Т5К10 $\varphi=110^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=16$ $b=16$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 резец токарный Т5К10 $B=10$ $\varphi=90^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83	калибр-скоба ГОСТ 18355-73» [7]
015 токарно-карусельная	токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80	«патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	резец проходной Т15К6 $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$ $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 резец токарный расточной Т15К6 $\varphi=110^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=16$ $b=16$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 резец токарный Т15К6 $B=10$ $\varphi=90^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83.	калибр-скоба ГОСТ1835 5-73 шаблон ГОСТ 2534-79

Продолжение таблицы 2

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Средство контроля
020 токарно-карусельная	токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80	патрон токарный 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80	резец проходной Т15К6 $\varphi=93^\circ$, $\varphi_1=27^\circ$ $\lambda=-2^\circ$ $\alpha=11^\circ$ $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 резец токарный расточной Т15К6 $\varphi=110^\circ$, $\lambda=0$ $\alpha=11^\circ$ $h=16$ $b=16$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83 резец токарный Т15К6 $B=10$ $\varphi=90^\circ$, $h=25$ $b=25$ $L=125$ ОСТ 2И.101-83.	калибр-скоба ГОСТ1835 5-73 шаблон ГОСТ 2534-79» [7]
025 фрезерная	фрезерный станок с ЧПУ XD40		«фреза концевая $\varnothing 20$ $Z=6$ Р6М5К5 ГОСТ 17026-71 сверло спиральное $\varnothing 25$ ГОСТ 10903-77 Р6М5К5 резец расточной $\varnothing 6,2$. Т15К6 борштанга расточная $\varnothing 52$. Т5К10 борштанга расточная» [4] $\varnothing 52$. Т15К6	шаблон ГОСТ 2534-73 приспособление мерительное
030 термическая	индукционная печь	-	-	-
035 агрегатная	агрегатный сверлильный станок	самоцентрирующее специализированное наладочное поворотное приспособление с пневмоприводом	«сверло центровочное $\varnothing 4$ тип А ГОСТ 14952-75 Р6М5 К5 сверло спиральное» [4] $\varnothing 5,5$ ГОСТ 10902-77	приспособление мерительное
045 шлифовальная	карусельно-шлифовальный станок 3762Ф1	приспособление специальное с пневмоприводом ГОСТ 12195-66	круг 5 5x15x2; 5 20x10x8 91А F90 L 9 V А 35 м/с 2 класса ГОСТ Р 52781-2007	приспособление мерительное
050 сверлильная	вертикально-сверлильный станок 2С132Ф2	самоцентрирующее специализированное наладочное поворотное приспособление с пневмоприводом	сверло спиральное $\varnothing 11$ ОСТ 2И21-2-76 Р6М5К5 метчик машинный М12 Р6М5К5 ГОСТ 3266-81	приспособление мерительное

Продолжение таблицы 2

Операция	Оборудование	Приспособление	Инструмент	Средство контроля
055 шлифовальная	карусельно-шлифовальный станок 3762Ф1	приспособление специальное с пневмоприводом ГОСТ 12195-66	круг 5 5x15x2; 5 20x10x8 91A F90 L 9 V A 35 м/с 2 класса ГОСТ Р 52781-2007	приспособление мерительное
060 моечная	моечная машина	-	-	
065 контрольная	контрольный стенд	-	-	приспособление мерительное

Более подробно технология изготовления детали представлена в графической части в виде плана обработки.

2.2 Проектирование технологической операции

«Расчет режимов резания на токарную операцию 020.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу.

Инструмент выбираем в таблице 2.

Выбираем токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80.

Припуск равен 2 мм.

Задаем перемещение инструмента 0,5 мм/об» [15].

«Скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (1)$$

где выберем базовую величину C_U равную 350;

время работы одной пластины T равно 60 мин;

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

коэффициент, обеспечивающий условия обработки K_U примем равным 0,83» [15].

«Результат:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,2}} \cdot 0,83 = 146 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (2)$$

Результат при точении поверхности диаметром 103,4 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 103,4} = 450 \text{ мин}^{-1}.$$

Результат при точении поверхности диаметром 111,4 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 111,4} = 420 \text{ мин}^{-1}.$$

Результат при точении поверхности диаметром 208 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 208} = 220 \text{ мин}^{-1}.$$

Составляющие силы резания определим по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (3)$$

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» [15].

$$\llbracket K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (4)$$

где $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$ и K_{rP} равны 0,83, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0.

Результат:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 146^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1250$$

Н.

Определим требуемую мощность по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (5)$$

Результат:

$$N = \frac{1250 \cdot 146}{1020 \cdot 60} = 2,98 \text{ кВт.}$$

У токарно-карусельного станка с ЧПУ SVT80 мощность намного выше и равна 7,5 кВт, то есть использование возможно. Режимы резания и нормы времени указаны в таблице 3.

Расчет режимов на токарную операцию 010.

Обточить поверхности, выдержать размеры согласно рабочему чертежу» [15].

Инструмент выбираем согласно таблицы 2.

Выбор станка модели SVT80 с ЧПУ считаем обоснованным.

Припуск принимаем равным 2 мм.

Перемещение инструмента 0,5 мм/об.

Нормы времени сведем в таблице 3.

Таблица 3 – Нормы времени

Операция	T_o , мин	$T_в$, мин	$T_{оп}$, мин	T_d , мин	$T_{п-з}$, мин	$T_{шт}$, мин	n	$T_{шт-к}$, мин
005	2,035	1,199	3,234	0,230	7	3,464	146	3,512
010	6,309	3,782	10,098	0,710	14	10,808	146	10,904
015	6,379	2,608	8,987	0,630	13	9,617	146	9,706
020	1,750	1,199	2,949	0,210	7	3,160	146	3,308
025	1,085	1,806	2,690	0,190	13	2,880	146	2,970
035	0,740	1,128	2,820	0,198	14	3,018	146	3,113

В разделе был обоснован тип производства, спроектирована заготовка, показан маршрут обработки всех поверхностей, осуществлен выбор средств технологического оснащения, произведен расчет технологических операций – режимов резания и норм времени. Из проведенного анализа можно сделать вывод, что выбор высокопроизводительного современного оборудования и

инструмента, но и средств программного обеспечения и правильность построения самого технологического процесса с обеспечением всех требований, предъявляемых к производству детали, позволил получить совершенно новый технологический процесс изготовления детали. В разделе на основе типового технологического процесса для выбранного типа производства проведено проектирование технологии изготовления детали. На основе технико-экономического сравнения выбрана исходная заготовка и проведено ее проектирование с назначением припусков и определением размеров на операции. Для сформированных технологических переходов выбраны операции, оборудование и оснащение. Выявлена лимитирующая технологическая операция. Для нее проведен расчет режимов резания и нормирование. Более детально результаты показаны в технологической документации в Приложении А в таблице А.1.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Захватное устройство

«Для токарных операций при загрузке и выгрузке деталей принимаем робототехнический комплекс (РТК) М20П.40.01., технические характеристики которого показаны в таблице 4» [17].

Таблица 4 – 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	по θ
500	1100	-90...180	$\pm 3,5$	300
Скорость перемещения, м/с		Скорость угловых перемещений, град/с		
по оси Z	по оси R	по α	по β	по θ
0,008...0,5	0,008...1,0	60	30» [7]	0,001...0,06

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

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

$$\langle W = K_1 \cdot K_2 \cdot m \cdot g, \quad (6)$$

где K_1 – страховочный коэффициент равен 3;

K_2 – передаточный коэффициент» [16].

В формуле (6) $m = 33,06$ кг масса заготовки, рассчитанная ранее. g – ускорение свободного падения ($9,8 \text{ м/с}^2$). Передаточный коэффициент K_2 рассчитаем по формуле:

$$\ll K_2 = \frac{\sin \alpha}{2 \cdot \mu}, \quad (7)$$

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.

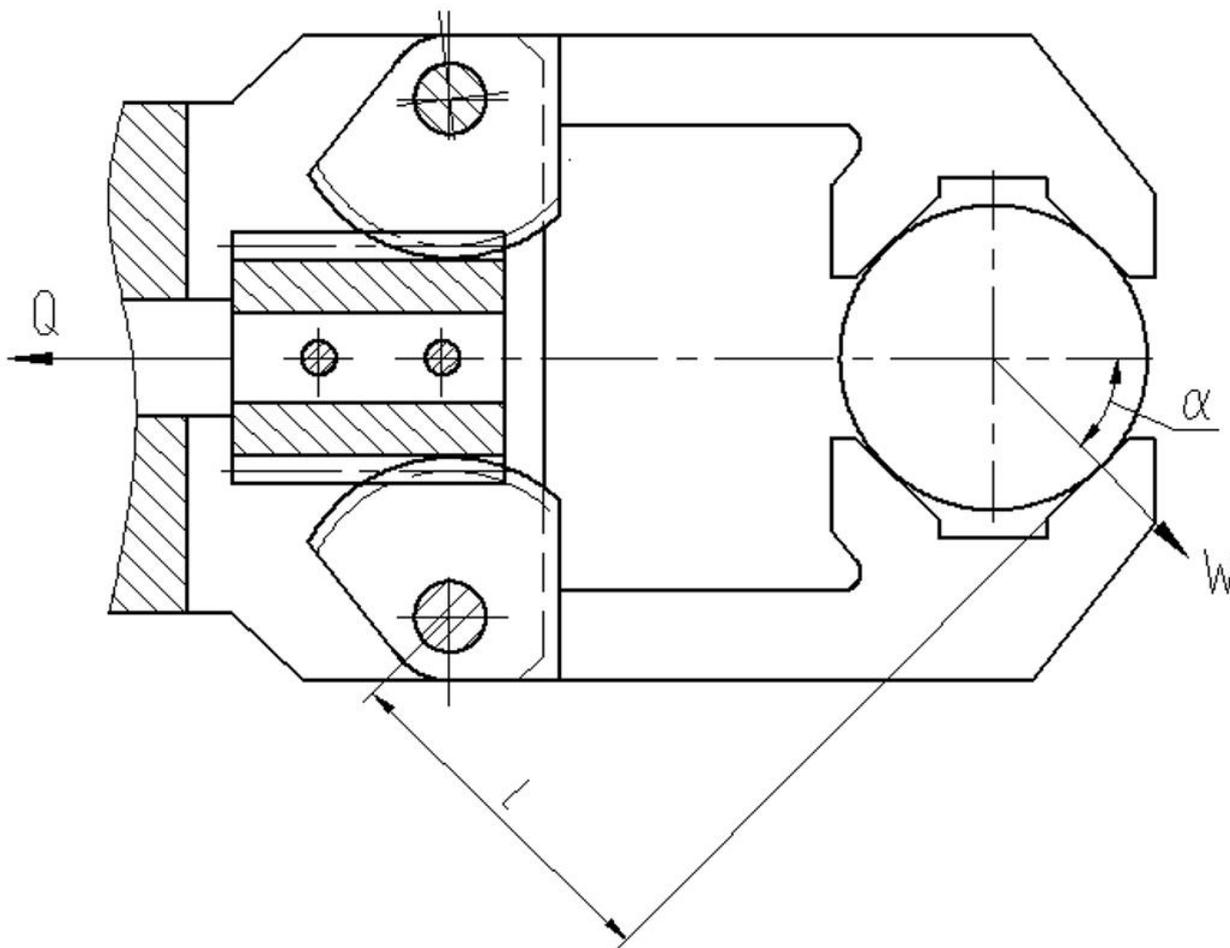


Рисунок 4 – Расчетная схема

Определим необходимое усилие привода Q из условия статического равновесия» [18]:

$$\llcorner Q \cdot \eta = \frac{1}{m_c \cdot r_c} \cdot 2 \cdot M, \quad (8)$$

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:

$$M = W \cdot l, \quad (9)$$

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:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (10) \gg [16]$$

«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

поршневою полостью 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].

3.2 Режущий инструмент

Конструкция, геометрия и характеристики металлорежущего инструмента постоянно совершенствуются. Появляются новые сплавы для его изготовления, в свою очередь, это создает условия для повышения скоростей резания и увеличения подачи. Возможным и целесообразным представляется комплекс мер по модернизации имеющихся на предприятии станков, которые, к примеру, не обладают нужной мощностью и числом оборотов шпинделя. Отсутствие требуемых характеристик затрудняет использование прогрессивного металлорежущего инструмента. После проведения мероприятий по модернизации, расширяется диапазон применяемого инструмента (рисунок 5) и сменных режущих пластин к имеющимся корпусам и державкам режущего инструмента.

В качестве предлагаемого инструмента можно рассмотреть резец токарный, который показан на рисунке 6.



Рисунок 5 – Проходной резец со сменными твердосплавными пластинами

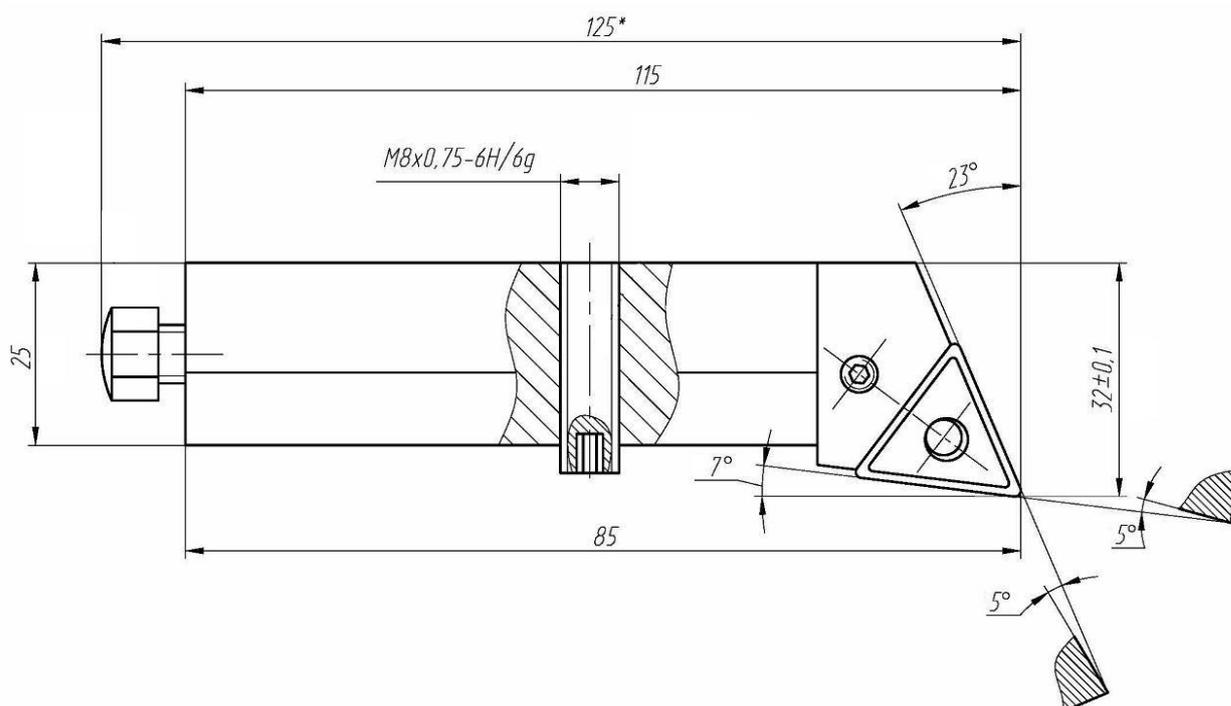


Рисунок 6 – Резец токарный со сменными твердосплавными пластинами

К преимуществам данного инструмента можно отнести сокращение вспомогательного времени при обработке детали. Отсутствие в

который представляет из себя процесс резания при механической обработке детали 1. Управляющая система включает в себя: патрон токарный 2, задний центр токарного станка 3, режущий инструмент в виде проходного резца 4, резцедержатель каретки 5, корпус гидравлического цилиндра 6, суппорт токарного станка 7, копир 8, щуп 9, золотник цилиндра 10, постоянный дроссель 11. На функциональной схеме САУ А и Б обозначены противоположные относительно штока цилиндра полости.

При реализации виртуальных экспериментов получены данные, определяющие оптимальный режим резания при разных величинах глубины резания, которые представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Экспериментальные данные

Эксперимент	$H, мм$	$n_{opt}, об/мин$	$S_{opt}, мм/об$	$N_{рез}, кВт$	$P_z, Н$	$S_{мин}, мм/мин$	$V, м/мин$
первый	0,5	1320	0,420	2,80	810	554	207
второй	1,0	1192	0,420	4,88	1565	501	187
третий	1,5	1120	0,420	6,75	2301	470	176
четвертый	2,0	952	0,418	7,50	3011	398	150
пятый	2,5	768	0,418	7,48	3722	321	121
шестой	3,0	648	0,418	7,51	4426	271	102
седьмой	3,5	624	0,362	7,51	4600	226	98
восьмой	4,0	624	0,306	7,52	4603	191	98

Проведено определение оптимального режима резания в зависимости от глубины резания на заданном диапазоне изменения, а также от главного угла в плане резца. По результатам экспериментальных данных построены соответствующие графики, которые показаны на рисунках 8 и 9. Проведен анализ полученных результатов.

Для выполнения обоснованного анализа полученных результатов с дальнейшей возможностью предоставления рекомендаций относительно повышения производительности, рекомендуется при проведении экспериментов записывать ограничения, которые образуют возможные значения при определении оптимального режима резания.



Рисунок 8 – Зависимости оптимального режима резания: глубины резания от частоты вращения и подачи

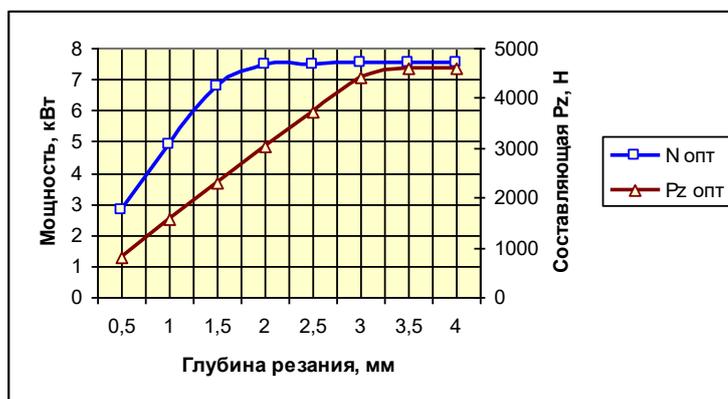


Рисунок 9 – Зависимость оптимального режима резания: глубины резания от мощности и составляющей силы резания

Кроме того, по результатам исследований производительности от глубины резания были сделаны выводы относительно целесообразности срезания заданного припуска (при увеличении глубины резания) за несколько рабочих ходов.

В разделе было спроектировано станочное приспособление, разработан режущий инструмент в виде токарного резца, который используется на всех токарных операциях гораздо эффективнее, чем в базовом технологическом процессе. А также разработана система автоматического управления процессом резания при токарной обработке.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В предлагаемом разделе техническим объектом, в отношении которого будут решаться вопросы безопасности, экологичности и охраны труда и в работе в целом является технологический процесс изготовления план-шайбы механизма зажима.

Технологические операции: заготовительная, токарная, фрезерная, термообработка, агрегатная, сверлильная.

Рабочие места: литейщик, оператор станков с ЧПУ, термист, контролёр ОТК, шлифовщик, оператор моечной установки.

Оборудование: литейная машина, токарно-карусельный станок с ЧПУ SVT80, фрезерный станок с ЧПУ XD40, агрегатный сверлильный станок, муфельная печь установка для цементации, стол контролёра, карусельно-шлифовальный станок 3762Ф1, вертикально-сверлильный станок 2С132Ф2.

Материалы: сталь 20ХГНМ, вода, смазывающая охлаждающая жидкость, масло, керосин, поверхностно активные вещества.

Ключевым моментом является процесс изготовления, то есть условия, порядок механической обработки, а также средства технологического оснащения. Рассматривая технологическое оборудование и его значение в технологическом процессе, в обязательном порядке необходимо соблюдать некоторые условия:

- необходимость в формировании качества поверхностей детали в соответствии с техническими требованиями;
- соблюдение технических и документальных требований к оснащённости процесса;
- соразмерность между крупным оборудованием и мелкими составляющими;
- обеспечение более качественных методов для обработки поверхностей.

При выборе критериев выбора технологической оснастки, необходимо с помощью анализа учитывать все возможности реализации технологических и технических процессов и требований к деталям.

Выбранные средства технологического оснащения технологического процесса указаны в таблице 2, а расчет режимов резания детально расписан в пункте 2.2 раздела 2, а также в Приложении А в таблице А.1. В составлении технологической документации учитываются графические схемы, чертежи и текстовые документы, эти документы в своей совокупности могут определять ход и порядок различных технологических операций.

Для идентификации опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке обычно руководствуются локальными нормативными документами, устанавливающими порядок этой процедуры.

На производственном участке возможно возникновение травмирующих воздействий на человека. Это травма, поражение электрическим током, пожар, шум и так далее.

«Источниками возникновения или получения травмы могут потенциально быть движущиеся части производственного оборудования, высокая температура поверхности обрабатываемых деталей, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.012–75; разрыв шлифовального круга, вырыв обрабатываемой детали, вращающийся инструмент при обработке детали, приспособления для закрепления инструмента, перемещение шлифовальной бабки, слесарно-монтажный инструмент и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.2.033–78 2.

Источниками поражения электрическим током могут быть потенциально пробой фазы на корпус, нарушение изоляции токоведущих частей, перегрузка электрооборудования, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82 3» [20].

«Источниками возникновения пожара могут выступать действия, возникающие при нарушении изоляции токоведущих частей; перегрузке электрооборудования; нарушении технологического процесса; наличии

промасленной ветоши; открытом огне и наличии искр; повышенной температуре воздуха и окружающих предметов; наличии токсичных продуктов горения; дыма; негерметичности системы питания; подаче топлива самотёком, курении в непосредственной близости от системы питания; применении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при мойке двигателя и так далее, допустимые нормы которых указаны в ГОСТ 12.1.038–82.

Источниками возникновения шума является вибрация поверхностей оборудования, электродвигатель, зубчатая, клиноременная и др. передачи, периодические соударения в сочлененных деталях, непосредственно обработка резанием, компрессоры, двигатели автомобилей, электрические двигатели технологического оборудования, механические передачи, воздухопроводы, технологическое оборудование и механизированный инструмент, уровень которого по ГОСТ 12.1.003–83 не может превышать 80 дБА» [5].

«Для снижения уровня профессиональных рисков разрабатываются инструкции по охране труда для каждой профессии, занятой на техническом объекте [20].

Обязательно применение средств индивидуальной защиты и технических средств защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и вредного производственного фактора.

Так при защите от повышенной или пониженной температуры поверхностей оборудования, материалов применяется специальная одежда, защитные щитки, очки, перчатки и рукавицы, специальная обувь и ограждение опасной зоны» [20].

«При защите от поражения электрическим током применяются защитное заземление зануление, ограждение токопроводящих частей, применение УЗО, выравнивание потенциалов, спец одежда, защитные очки, перчатки и спец обувь.

Для защиты от движущихся машин и механизмов подвижных частей производственного оборудования; передвигающиеся изделий и заготовок применяются спец одежда, защитные очки, перчатки, головной убор (каска или каскетка) и спец обувь, зонирование территории цехов (обозначение безопасных проходов), сигнализация и защитные ограждения.

При защите от повышенного уровня шума на рабочем месте и повышенного уровня вибрации на объекте применяется спец одежда, спец обувь, перчатки, наушники, беруши, наладка оборудования, увеличение жёсткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний, использование материалов способных поглощать колебания» [20].

«Для обеспечения пожарной безопасности технического объекта применяются технические средства: первичные (огнетушители, ящики с песком, пожарные краны, асбестовая ткань), мобильные (пожарные автомобили), стационарные установки и системы пожаротушения (пожарный резервуар, система пожаротушения), средства пожарной автоматики (приборы приёмно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией при пожаре), пожарное оборудование (пожарные шланги, наконечники пожарных рукавов, запорная аппаратура, насосное оборудование, разметка эвакуационная напольная), средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре (самоспасатель изолирующий противопожарный СИП-1М), пожарный инструмент (ломы, вёдра, багры, топоры, лестницы), пожарные сигнализация, связь и оповещение (система пожарной сигнализации, аварийное автономное освещение)» [5].

«Негативное экологические воздействие, влияющие на атмосферу на операции 040 координатно-расточной – это испарение технических жидкостей, металлическая пылевая и водно- аэрозольная взвесь.

Негативное экологические воздействие, влияющие на гидросферу – это проливы загрязнённой воды и технических жидкостей при проведении профилактики и очистке оборудования в сточные воды.

Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу – проливы технических жидкостей (масла, СОЖ) при проведении профилактики и ремонта, а также в аварийных ситуациях, внесение частиц металлической стружки частиц окалина на поверхность полов» [20].

«Для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду на рассматриваемой операции проводятся следующие мероприятия - применение защитных щитков препятствующих распространению паров, взвеси и разбрызгиванию СОЖ, подвод приточно-вытяжной вентиляции, оборудованной фильтрами» [20].

В разделе проведен детальный анализ потенциально возможных опасных и вредных производственных факторов при реализации рассматриваемого в работе технологического процесса в качестве технического объекта. «В разделе выработаны мероприятия и средства по снижению профессиональных рисков, которые позволяют снизить их общий уровень, сократить производственный травматизм и уровень производственной заболеваемости» [5]. А также приведен набор мероприятий для достижения требуемой необходимой и достаточной безопасности при выполнении технологических операций для изготовления план-шайбы механизма зажима.

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает замену инструмента и оснастки. Предлагаемый инструмент имеет большую износостойкость, а оснастка – более быстрое реагирование на выполнение действий. Все эти изменения обеспечивают снижение трудоемкости операции, как за счет увеличения режимов резания, так и за счет уменьшения вспомогательного времени выполнения операции.

Результаты технических изменений после совершенствований операций, а именно замены инструмента и оснастки:

- сокращение основного времени выполнения операций на 21,8%;
- сокращение вспомогательного времени – на 21,7 %;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 26,7 %.

Описанные результаты достаточно существенны для того, чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 10 представлены методики, которые позволят грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 10 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [12]

Используя, описанную на рисунке 10, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (К_{ВВ}), которая составила 39983,61 рублей. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование технологического процесса. На рисунке 11 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

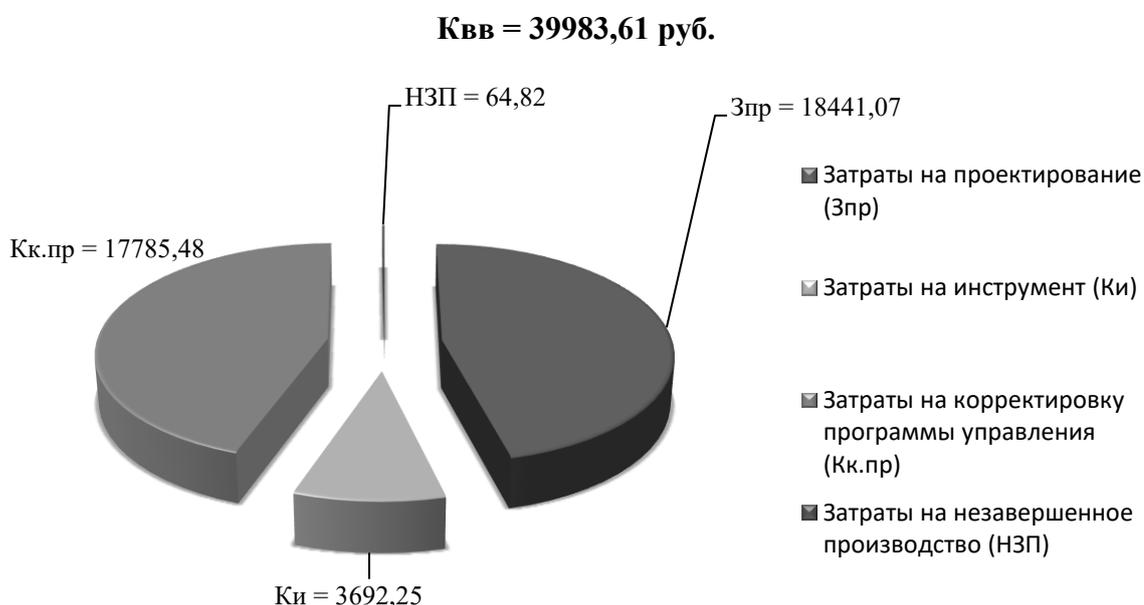


Рисунок 11 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Анализируя рисунок 11, можно сказать, что затраты на проектирование

являются самыми существенными, так как их доля составила 46,1 % в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 12.

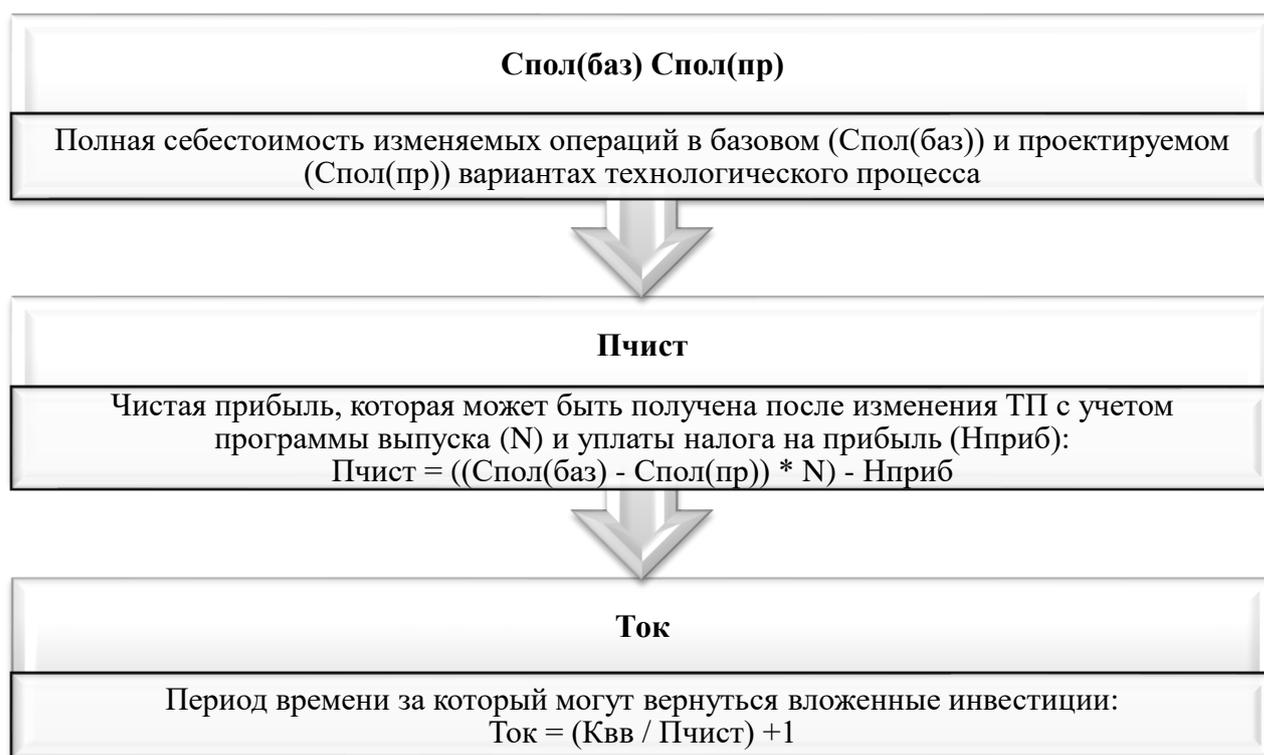


Рисунок 12 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Как видно из рисунка 12, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций. Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того, чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизится или увеличится себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, на сколько она

снизится, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Результаты расчета полной себестоимости по вариантам технологического процесса представлены на рисунке 13.

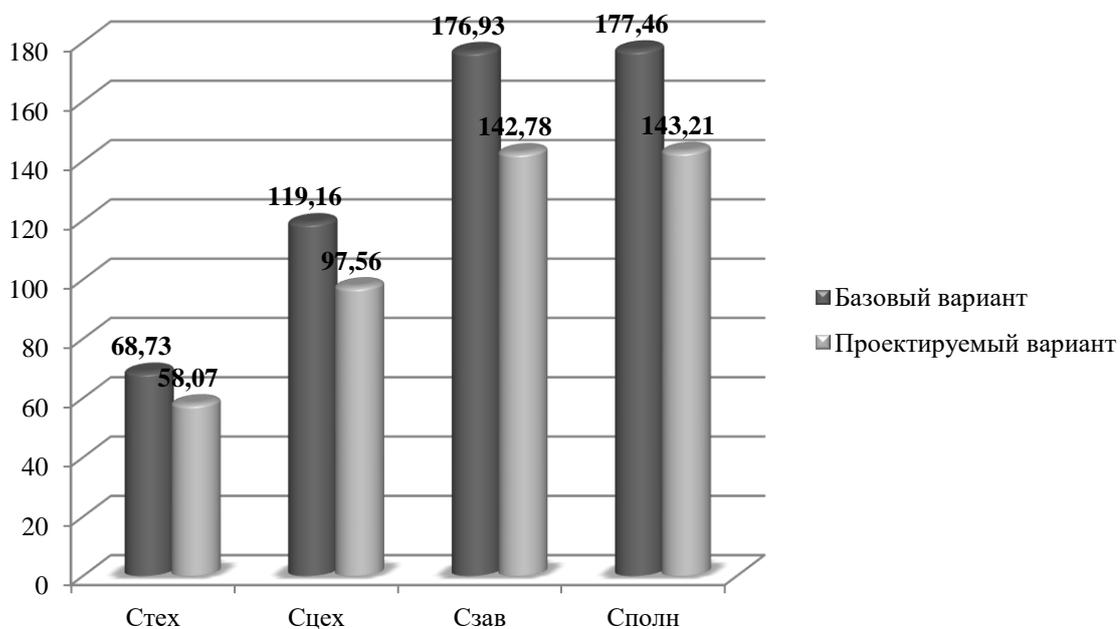


Рисунок 13 – Результаты расчета полной себестоимости по вариантам, руб.

Из рисунка 13 видно, что полная себестоимость в проектируемом варианте снижается, это изменение составляет около 19,3 %.

Далее, благодаря значениям полной себестоимости базового и проектируемого варианта операций, определяется возможная прибыль, которую сможет получить предприятие от внедрения совершенствований.

Затем уже приступают к определению самого срока окупаемости. Так как, технологические процессы по изготовлению продукции присуще промышленным предприятиям, то для них определен максимальный горизонт окупаемости инвестиций в 4 года. Если срок будет выше, то внедрение совершенствований нецелесообразно.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный

экономический эффект ($\text{Э}_{\text{инт}}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 14 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

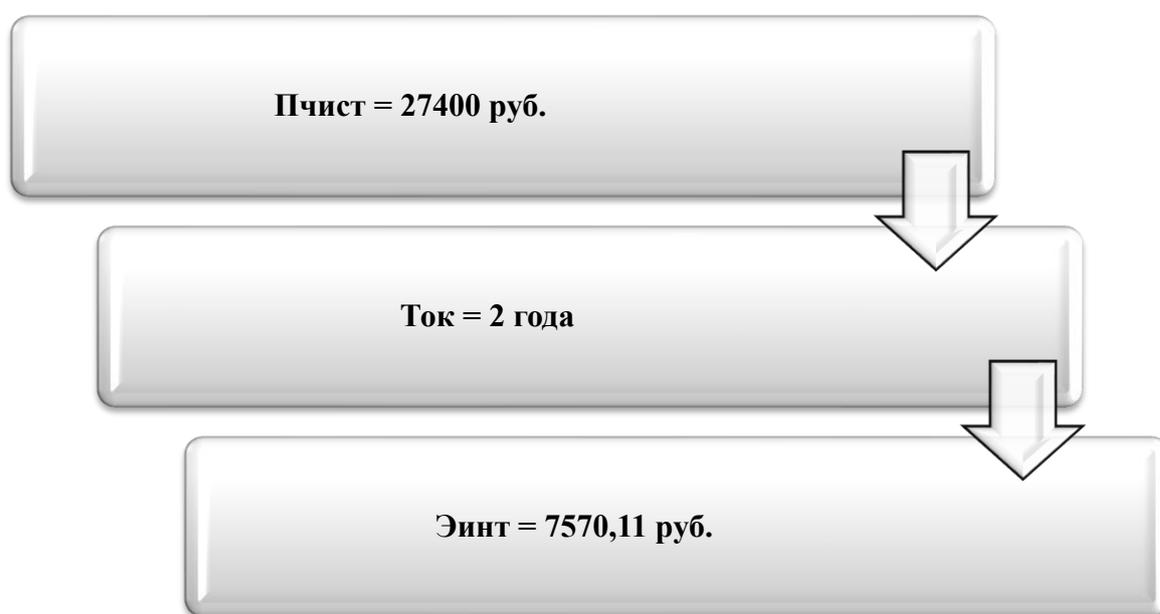


Рисунок 14 – Значения показателей чистой прибыли ($\text{П}_{\text{чист}}$), срока окупаемости ($\text{Т}_{\text{ок}}$) и экономического эффекта ($\text{Э}_{\text{инт}}$)

В представленном разделе, как показано на рисунке 14, получен экономический эффект и он является положительной величиной, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными и обоснованными.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы по разработке технологии изготовления план-шайбы механизма зажима в годовом объеме выпуска 1000 деталей в год, исходя из служебного назначения детали, была показана возможность ее изготовления, которая доказана с помощью анализа технологичности. Выбран материал для заготовки, учитывая его физико-механические свойства, химический состав и возможность механической обработки. Определен материал. Проведена систематизация всех поверхностей детали и назначена стратегия их обработки. Проведен сравнительный экономический анализ для выбора наиболее оптимального метода получения заготовки. Проведен расчет припусков для заготовки. Выбраны средства технического оснащения в виде необходимого и подходящего оборудования; доступных и несложных приспособлений; режущего инструмента и средств контроля для получения требуемого качества, обработанных в результате их применения, поверхностей. Спроектированы операции. Назначены скорость резания и подачи. Режимы резания определены на основе табличных данных, учитывая тип материала и характеристики инструмента. Проведено нормирование после определения режимов резания. Спроектировано приспособление, которое обеспечило надежное закрепление при высокоскоростной обработке. Спроектирован режущий инструмент. Доказана экономическая эффективность предлагаемых изменений технологического процесса относительно базового. Выполнен анализ технологии на опасные и вредные производственные факторы. Предусмотрены мероприятия по защите труда для обеспечения заданных условий обработки. Предложены мероприятия для достижения безопасности и экологичности рассматриваемого технического объекта. Даны рекомендации для внедрения разработанного нового технологического процесса на реальном производстве.

Список используемых источников

1. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник, Изд. 4-е. перераб. и доп. – М.: НИИТавтопром, 1995. – 456 с.: ил.
2. Васькин К. Я. Станочные приспособления: электронное учебное пособие / К. Я. Васькин. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015 – 147с. <https://e.lanbook.com/book/139745?category=932> (дата обращения: 28.03.2023)
3. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Высшая школа, 1983. – 256 с.
4. Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с..
5. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. / Л.Н. Горина, - Тольятти, 2016, 68 с.
6. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку [Текст]. – Взамен ГОСТ 26645-85; введ. 2010-24-08. – М.: Стандартинформ, 2010. – 35 с.
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 52с.
8. ГОСТ 24900-81 Хвостовики державок цилиндрические для токарных станков с программным управлением. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1981. – 8с.
9. Дечко Э. М. Проектирование цельных свёрл: пособие для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / Э. – М. Дечко, Е. А. Маркова, О. К. Яцкевич. – Минск: БНТУ, 2020 – 46 с.
10. Журавлёв В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали Справочник – 4 издание переработанное и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.: ил.
11. Звонцов И.Ф. Разработка технологических процессов изготовления

деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 696 с. – ISBN 978-5-8114-4520-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121985> (дата обращения: 13.04.2023). – Режим доступа: для авторизованных пользователей.

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством.: электронное учеб. – метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти.: Изд-во ТГУ, 2014.

13. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1. Нормативы времени. Т. 1 / Под ред. С. Ю. Романова – Москва: Экономика, 1990. – 208с.

14. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / И. Ю. Кузнецов А. Р. Маслов А. Н. Байков Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1990. – 512 с.: ил

15. Основы технологии машиностроения: учебник и практикум для вузов / А. В. Тотай [и др.]; под общей редакцией А. В. Тотая. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 300 с.

16. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин: учебно-методическое пособие / Д.А. Расторгуев. – Текст: электронный. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 51 с. – URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/353> (дата обращения: 12.04.2023)

17. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций: электронное учебно-методическое пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 140 с. – Текст: электронный. – URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/76> (дата обращения: 15.04.2023)

18. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Под ред. А. Г. Косиловой. – М., Машиностроение, 1985. – 1 т. – 656 с.

19. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Под ред. А. Г. Косиловой. – М., Машиностроение, 1985. - 2 т. – 496 с.
20. Фёдоров П. М. Охрана труда [Электронный ресурс]: практическое пособие / П. М. Фёдоров. – 2-е изд. – Москва.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. – 137 с.
21. Alexander H. Slocum. Precision Machine Design. Society of Manufacturing Engineers, 1992, 750 p. - ISBN 0872634922, 9780872634923.
22. Klocke F. Manufacturing Processes 2: Grinding, Honing, Lapping. Vol. 2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. XXIV, 433 p. 35 illus. — ISBN 978-3-540-92258-2, e-ISBN 978-3-540-92259-9, DOI 10.1007/978-3-540-92259-9.
23. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.
24. Pahl G. Design for Minimum Cost. In: Engineering Design/ Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. Springer: London. 2007. – p. 156.
25. Manfred W, Christian B. Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme. Springer Berlin Heidelberg, 2006, 599 p. - ISBN 3540280855, 9783540280859.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

А	цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования				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	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	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	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	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	945	1	-	2,60
17																
18	065	Контрольная														
18																
18																
МК																

