

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 вала привода насоса

Обучающийся

И.В. Каплун

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

И.В. Резникова

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы «Технологический процесс изготовления вала привода насоса».

«Целью работы является разработка такого технологического процесса изготовления вала привода насоса, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления с учетом серийности производства» [11]. При этом затраты на изготовление должны быть минимальными.

«Работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка включает 67 страниц, графическая часть 7 листов формата А1» [11].

«Первый раздел работы содержит анализ имеющихся данных, таких как служебное назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства. По результатам анализа формулируются задачи работы» [11]. «Второй раздел работы содержит решение таких вопросов как выбор и проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [11]. «Третий раздел работы содержит решение вопросов проектирования специальных средств оснащения» [11], таких как самоцентрирующие тиски и токарный резец. В результате выполнения данного раздела решается ряд технических проблем базового технологического процесса, что позволило повысить его эффективность. Четвертый раздел работы содержит анализ безопасности и экологичности технического объекта, а также комплекс мероприятий, направленный на устранение выявленных в ходе данного анализа недостатков. Пятый раздел работы содержит расчеты, которые подтверждают экономическую эффективность предлагаемого технологического процесса и мероприятий, направленных на его совершенствование.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ технологичности детали	6
1.3 Анализ характеристик типа производства	8
1.4 Формулировка задач работы.....	11
2 Разработка технологической части	12
2.1 Выбор и проектирование заготовки.....	12
2.2 Проектирование плана изготовления детали	20
2.3 Выбор средств технологического оснащения.....	22
2.4 Расчет режимов резания и нормирование	25
3 Проектирование специальных средств оснащения	29
3.1 Проектирование самоцентрирующих тисков	29
3.2 Проектирование токарного резца.....	36
4 Безопасность и экологичность технического объекта	39
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	39
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	39
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	41
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	45
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	45
5 Экономическая эффективность работы	47
Заключение	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация.....	56
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	65

Введение

Промышленные насосы применяются для перекачки различных технологических жидкостей, в системах отопления и охлаждения, для забора воды из источника, для откачки сточных вод, для проведения строительных работ и так далее. В зависимости от служебного назначения применяются насосы различных видов: вихревые, винтовые, вакуумные, центробежные, лопастные и так далее. Неизменным элементом любого из этих насосов независимо от служебного назначения и вида является привод. Как правило, привод насоса создается на базе электродвигателя, который соединяется с насосом при помощи муфты через промежуточный редуктор или напрямую в зависимости от конструктивных особенностей и необходимости регулировки давления. Надежность, долговечность и функциональность насоса зависит от соответствующих характеристик деталей, входящих в его конструкцию. В данной работе рассматривается технология изготовления такой детали. Технические и эксплуатационные характеристики рассматриваемого вала обеспечиваются на стадии изготовления. Таким образом, проектируемая технология изготовления должна в полной мере обеспечивать все требования, отраженные на чертеже детали. Кроме этого технология изготовления должна обеспечивать максимальную эффективность изготовления, то есть требуемую производительность и минимальные затраты на изготовление. Обеспечение всех выше перечисленных требований является многовариантной задачей и во многом зависит от производственных условий.

«Из сказанного следует, что цель работы заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления вала привода насоса, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления с учетом серийности производства» [11]. При этом затраты на изготовление должны быть минимальными.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали

Рассматриваемая в данной работе вал привода насоса служит для передачи крутящего момента от вала электродвигателя шестерне редуктора, установленной на промежуточном валу редуктора. Передача момента осуществляется посредством боковых поверхностей зубьев внутреннего венца и поверхности радиального отверстия, выполненного на шейке вала. Вал устанавливается в корпус редуктора на подшипники. Внутренний венец, выполненный на одном конце вала, вводится в зацепление с шестерней редуктора. На другом конце вала устанавливается полумуфта, зафиксированная пальцем в радиальном отверстии, соединяющая вал с валом электродвигателя. Модель вала представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Модель вала

Рабочие нагрузки вала могут быть значительными по величине, но не должны превышать расчетных значений, так как это приведет к разрушению исполнительных поверхностей. В ряде случаев возможно возникновение ударных нагрузок, однако данный режим работы не является штатным, и вал, при длительном или периодическом их воздействии, может выйти из строя. Условия работы зависят в первую очередь от назначения для которого используется насос. В большинстве случаев насос используется в производственных помещениях. Конструкция привода подразумевает размещение вала в корпусе в условиях обильной смазки, что снижает

воздействие внешних факторов и возникновение адгезионного износа трущихся поверхностей. Однако, полностью нельзя исключить температурного воздействия. Это оказывает влияние на выбор марки используемого материала, а также приводит к необходимости назначения жестких требований к качественным показателям наружных поверхностей детали.

1.2 Анализ технологичности детали

«Основными критериями технологичности детали являются: технологичность материала, технологичность конструкции, технологичность механической обработки» [11]. Оценку детали на технологичность по данным критериям произведем с использованием методики [11].

Технологичность материала детали определяется его свойствами. Используемая для изготовления рассматриваемой детали сталь 25ХГТ ГОСТ 4543–71 имеет следующие характеристики. «Химический состав: от 0,22% до 0,29% углерода, от 1,0% до 1,3% хрома, от 0,8% до 1,1% марганца, от 0,03% до 0,09% титан, 0,035% серы, 0,035% фосфора, 0,17-0,37% кремния, 0,3% меди» [22]. «Механические свойства: предел текучести 980 МПа, предел прочности при растяжении 1270 МПа, относительное удлинение 10%, относительное сужение 50%, твердость в состоянии поставки по шкале Бринелля 217 единиц» [22].

Проанализируем полученные результаты. Свойства материала позволяют выполнять детали свое служебное назначение после прохождения термической обработки. При этом к данному материалу могут быть применены различные методы термической обработки, что позволит получить требуемую твердость поверхностей без особых затруднений. Заготовку детали, исходя из свойств материала, наиболее рационально получать методами штамповки, так как литейные свойства материала неудовлетворительные. Обрабатываемость материала при данных свойствах

можно охарактеризовать как среднюю, так как коэффициент обрабатываемости твердым сплавом составляет 1,1, быстрорежущей сталью 1,0. Анализ показал, что материал детали следует признать технологичным.

Технологичность конструкции детали определяется конфигурацией ее поверхностей, их служебным назначением, а также требованиями к ним. Деталь образована в основном цилиндрическими и плоскими наружными и внутренними поверхностями, получение которых не вызывает затруднений. Имеется ряд более сложных поверхностей. Это поверхности эвольвентного внутреннего зубчатого зацепления, получение которых требует более сложной кинематики движений. С целью выявления служебного назначения поверхностей детали произведем процедуру их классификации. Для этого на эскизе детали пронумеруем все поверхности. Результат приведен на рисунке 2. Далее классифицируем поверхности по их назначению. Результат приведен в таблице 1.

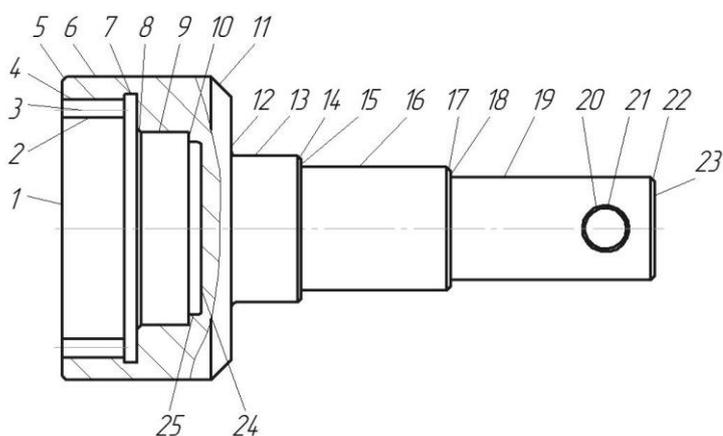


Рисунок 2 – Эскиз детали

Таблица 1 – «Классификация поверхностей» [7]

Вид поверхности	Номер поверхности
«Основные конструкторские базы» [7]	15, 16
«Вспомогательные конструкторские базы» [7]	9, 10, 18, 19, 21
«Исполнительные поверхности» [7]	3, 21
«Свободные поверхности» [7]	все оставшиеся

Проанализируем полученные результаты. Общее количество поверхностей достаточно большое. При этом количество ответственных поверхностей, таких как «основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности» [7] относительно незначительное. Размеры данных поверхностей соответствуют нормальному ряду чисел. Все это позволит использовать при проектировании типовые технологические маршруты, что существенно снизит стоимость как проектирования, так и изготовления. Анализ показал, что конструкцию детали следует признать технологичной.

Технологичность механической обработки детали определяется качеством ее поверхностей, их взаимным расположением и удобством базирования и закрепления заготовки при обработке. Исходя из требований чертежа детали, поверхности детали имеют различные показатели точности и шероховатости. Все поверхности детали необходимо подвергнуть механической обработке. Имеется ряд поверхностей, которые требуют применения точных методов обработки для получения требуемой точности и шероховатости. Взаимное расположение поверхностей позволяет выполнять их обработку последовательно за два установа, при необходимости. Точность взаимного расположения поверхностей при этом также обеспечивается. Применение специального режущего инструмента для механической обработки не требуется, что положительно скажется на конечной стоимости механической обработки. Исходя из формы поверхностей детали и их геометрических параметров базирование и закрепление заготовки не вызовет затруднений. Анализ показал, что механическую обработку детали следует признать технологичной.

1.3 Анализ характеристик типа производства

Анализ типа производства выполняется исходя из типа производства. Тип производства зависит от ряда факторов, таких как номенклатура объектов

производства, годовая программа выпуска и так далее. Наиболее точно тип производства можно определить «по коэффициенту закрепления операций» [13]. «Однако для его определения требуется полностью все технологические процессы на производстве» [13]. В случае отсутствия таких данных используется упрощенная методика подразумевающая знание массы изготавливаемой детали годовой программы ее выпуска [13].

Масса детали определяется путем ее геометрического моделирования. В данном случае по результатам моделирования она составляет 1,26 кг. «Годовая программа выпуска составляет 8000 штук» [13]. «При имеющихся данных тип производства соответствует среднесерийному» [13].

«Проведем анализ характеристик данного типа производства, определенных по данным» [13].

В данном типе производства наиболее эффективна «не поточная форма организации технологического процесса с запуском деталей в производство периодически повторяющимися партиями» [13]. Размещение оборудования на производственном участке осуществляется по группам.

Технологию изготовления рекомендуется разрабатывать на основе типовых технологических процессов. В ходе проектирования технологического процесса следует учитывать, что точность обработки достигается предварительной настройкой оборудования на размер. Результаты проектирования технологии изготовления детали оформляются в виде маршрутной и операционных карт.

«Заготовка должна быть близка по форме к готовой детали и иметь минимальные припуски на обработку. Выбор метода получения заготовки определяется ее габаритами, материалом детали, требованиями по точности изготовления и технологическими возможностями производства» [13]. Наиболее рационально использовать методы литья и штамповки. Методы определения припусков на обработку определяются требуемой точностью обработки и ответственностью поверхности. Припуски на точные и ответственные поверхности необходимо определять расчетно-аналитическим

методом, на все остальные возможно применение статистического метода.

Технологические операции проектируются с соблюдением принципа концентрации переходов. Расчет режимов резания выполняется на основе расчетно-аналитического метода для ответственных операций и опытно-статистического метода для всех остальных. Нормирование операций осуществляется на основе расчетно-аналитического метода, в обоснованных случаях допускается применение метода хронометража. При проектировании схем базирования на технологических операциях следует ориентироваться на типовые схемы базирования, соблюдать «принцип постоянства баз и по возможности единства» [13].

Оборудование должно обеспечивать возможность его настройки на заданные размеры. Наиболее часто используются станки с полуавтоматическим циклом работы. Предпочтительным является использование станков, оснащенных системами числового управления. Оборудование дополнительно может оснащаться средствами активного контроля и адаптивного управления. Приемлемым является использование универсальных и специализированных станков.

Режущий инструмент должен обеспечивать точность обработки и качество обработки поверхности, иметь требуемую стойкость, быть быстропереналаживаемым. Желательно использование универсального режущего инструмента. «В обоснованных случаях допускается применение специализированного и реже специального режущего инструмента» [13].

Технологическая оснастка должна обеспечивать требуемую точность закрепления, требуемое усилие закрепления, реализацию теоретической схемы базирования, быть переналаживаемой, отвечать требованиям надежности, долговечности и эргономичности. Желательно использование универсальной механизированной оснастки. Допускается использование универсально-сборной оснастки и реже специальной.

Средства контроля должны отвечать требованиям точности измерений, универсальности и выдавать результаты в требуемом виде.

1.4 Формулировка задач работы

«Анализ имеющихся данных, таких как служебное назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства позволяет сформулировать следующие задачи работы решение которых позволит достичь ее цели, сформулированной во введении» [11].

«Необходимо решить задачи выбора и проектирования заготовки, проектирования плана изготовления детали, выбора средств технологического оснащения, расчета режимов резания и нормирования технологических операций» [11]. «В зависимости от полученных результатов, необходимо решить задачи проектирования специальных средств оснащения для операций, требующих технического совершенствования, что позволит повысить эффективность технологического процесса» [11]. «Необходимо провести анализ безопасности и экологичности технического объекта» [11], а также разработать комплекс мероприятий, направленных на устранение выявленных в ходе данного анализа недостатков. Необходимо произвести расчеты экономической эффективности предлагаемого технологического процесса и мероприятий, направленных на его совершенствование.

«Результатом выполнения первого раздела работы стало формулирование задач работы на основе анализа имеющихся данных, таких как служебное назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства» [11].

2 Разработка технологической части

2.1 Выбор и проектирование заготовки

«Выбор метода получения заготовки определяется ее габаритами, материалом детали, требованиями по точности изготовления и технологическими возможностями производства» [5]. Согласно характеристикам типа производства наиболее рационально использовать методы литья и штамповки. Учтем, что в качестве материала детали используется сталь, что ограничивает методы получения заготовки методами штамповки. «Проведя анализ литературы, приходим к выводу, что в данном случае наиболее приемлемы штамповка на кривошипном прессе и штамповка на горизонтально-ковочной машине» [5].

«Выбор одного из данных вариантов производим путем сравнения их экономической эффективности, показателем которой являются общие затраты, рассчитанные по формуле:

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

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

Q – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$ – стоимость механической обработки, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб» [5].

«Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

$$C_{ЗАГ i} = C_6 \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{II}, \quad (2)$$

где i – индекс метода получения заготовки;

C_6 – базовая стоимость получения заготовки рассматриваемым методом, руб.;

h_T – коэффициент точности метода;
 h_C – коэффициент сложности метода;
 h_B – коэффициент массы заготовки;
 h_M – коэффициент марки материала;
 h_{Π} – коэффициент программы выпуска» [5].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой на кривошипном прессе, 2 для заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [5].

$$C_{ЗАГ\ 1} = 27,00 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 = 23,49 \text{ р.}$$

$$C_{ЗАГ\ 2} = 27,00 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 = 24,67 \text{ р.}$$

«Определение массы заготовки на данной стадии проектирования возможно по упрощенной методике. Для этого используется формула:

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

где K_P – коэффициент метода получения и формы заготовки» [5].

$$Q_1 = 1,26 \cdot 1,6 = 2,02 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 1,26 \cdot 1,5 = 1,83 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки при первом приближении может быть определена по формуле:

$$C_{МЕХ\ i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где C_C – приведенные затраты, руб.;

C_K – приведенные капитальные вложения, руб.;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений» [5].

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

«Рассчитываем общие затраты по формуле (1).

$$C_{T1} = 23,49 \cdot 2,02 + 4,6 \cdot (2,02 - 1,26) - 1,4 \cdot (2,02 - 1,26) = 49,88 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 24,67 \cdot 1,83 + 4,6(1,83 - 1,26) - 1,4(1,83 - 1,26) = 46,97 \text{ р} \gg [5].$$

«Метод получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбираем его для дальнейшего проектирования» [5].

Согласно общепринятой методике проектирования заготовок [5] необходимо составить маршруты обработки поверхностей. Маршрут обработки поверхности определяется требуемой точностью, чистотой поверхности, а также материалом детали. «Как правило, для достижения требуемых параметров имеется несколько вариантов маршрутов обработки» [7]. Выбор в пользу одного из них делается на основе данных по суммарным удельным затратам по каждому из сравниваемых вариантов [7]. Следует обеспечивать минимум данных затрат. «Результаты проектирования маршрутов обработки поверхностей приведены ниже в таблице 2» [7].

Таблица 2 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхность	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [7]
2	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]
3	9	3,2	«долбление, термическая обработка» [7]
4	12	12,5	«долбление, термическая обработка» [7]
5	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка
6	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]
7	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка
8	12	12,5	«сверление, термическая обработка» [7]
9	7	1,25	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [7]
10	12	2,5	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [7]
11	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]
12	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]
13	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]
14	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка
15	10	1,25	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [7]
16	6	0,63	«точение, точение чистовое» [7]

Продолжение таблицы 2

Поверхность	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
16	6	0,63	«термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [7]
17	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка
18	12	2,5	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [7]
19	8	0,32	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое, полирование» [7]
20	12	12,5	«зенкование, термическая обработка» [7]
21	9	2,5	«сверление, зенкерование, развертывание, термическая обработка» [7]
22	12	12,5	точение чистовое, термическая обработка
23	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [7]
24	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]
25	12	12,5	«точение, термическая обработка» [7]

Имея данные по маршрутам обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку. Согласно анализу типа производства заготовка должна быть близка по форме к готовой детали и иметь минимальные припуски на обработку. Методы определения припусков на обработку определяются требуемой точностью обработки и ответственностью поверхности. Припуски на точные и ответственные поверхности необходимо определять расчетно-аналитическим методом, на все остальные возможно применение статистического метода.

«В данном случае наиболее точными являются поверхности диаметром $30k6^{(+0,015}_{+0,002)}$ мм. Проводим расчет припуска для данных поверхностей с применением расчетно-аналитической методики» [18].

«Минимальные значения припусков определяются по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

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» [18].

«Максимальные значения припусков определяются по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

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

Td_{i-1} – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [18].

«Средние значения припусков определяются по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7) \gg [18]$$

«Выполняем расчеты припусков.

$$z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \min} = a_{T_0} + \sqrt{\Delta_{T_0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,263 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,007^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} z_{1 \max} &= z_{1 \min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (0,9 + 0,25) = \\ &= 1,176 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 \max} &= z_{2 \min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,252 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = \\ &= 0,427 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (Td_{T_0} + Td_3) = 0,263 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,062) = \\ &= 0,374 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,062 + 0,013) = \\ &= 0,202 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,176 + 0,601) = 0,889 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2max} + z_{2min}) = 0,5 \cdot (0,427 + 0,252) = 0,340 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,374 + 0,263) = 0,319 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,202 + 0,164) = 0,183 \text{ мм} \gg [18].$$

«Минимальное значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (8) \gg [18]$$

«Максимальное значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (9) \gg [18]$$

«Среднее значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (10) \gg [18]$$

«Для перехода предшествующего термической обработке минимальный размер определяется по формуле:

$$d_{(то-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [18]$$

«Выполняем расчеты операционных размеров.

$$d_{4min} = 30,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 30,015 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (30,015 + 30,002) = 30,0085 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 30,002 + 2 \cdot 0,164 = 30,330 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 30,330 + 0,062 = 30,392 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (30,392 + 30,330) = 30,361 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO min}} = d_{3\text{min}} + 2 \cdot z_{3\text{min}} = 30,330 + 2 \cdot 0,263 = 30,856 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO max}} = d_{\text{TO min}} + Td_{\text{TO}} = 30,856 + 0,160 = 31,016 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{TO max}} + d_{\text{TO min}}) = 0,5(31,016 + 30,856) = 30,936 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{min}} = d_{\text{TO min}} \cdot 0,999 = 30,856 \cdot 0,999 = 30,830 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{max}} = d_{2\text{min}} + Td_2 = 30,830 + 0,100 = 30,930 \text{ мм.}$$

$$d_{2\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{2\text{max}} + d_{2\text{min}}) = 0,5 \cdot (30,930 + 30,830) = 30,880 \text{ мм}$$

$$d_{1\text{min}} = d_{2\text{min}} + 2 \cdot z_{2\text{min}} = 30,930 + 2 \cdot 0,252 = 31,434 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{max}} = d_{1\text{min}} + Td_1 = 31,434 + 0,250 = 31,684 \text{ мм.}$$

$$d_{1\text{cp}} = 0,5 \cdot (d_{1\text{max}} + d_{1\text{min}}) = 0,5 \cdot (31,684 + 31,434) = 31,559 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{min}} = d_{1\text{min}} + 2 \cdot z_{1\text{min}} = 31,684 + 2 \cdot 0,601 = 32,886 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{max}} = d_{0\text{min}} + Td_0 = 32,886 + 0,900 = 33,786 \text{ мм.}$$

$$d_{0\text{cp}} = 0,5(d_{0\text{max}} + d_{0\text{min}}) = 0,5(33,786 + 32,886) = 33,336 \text{ мм} \gg [18].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0\text{min}} - d_{4\text{max}}. \quad (12) \gg [18]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + Td_0 + Td_4. \quad (13) \gg [18]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (14) \gg [18]$$

«Выполняем расчет общих припусков.

$$2z_{\text{min}} = 32,886 - 30,012 = 2,874 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{max}} = 2,874 + 0,900 + 0,013 = 3,787 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (2,874 + 3,787) = 3,3305 \text{ мм} \gg [18].$$

«Припуски на все остальные поверхности определяем с применением

статистического метода» [20]. «Особенностью данного метода является то, что минимальный припуск принимается по статистическим таблицам, что упрощает расчеты. Результаты определения припусков на обработку приведены в таблице 3» [20].

Таблица 3 – Припуски на обработку поверхностей

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	1	2,0	3,3
2	1	0,9	2,05
6	1	1,45	2,6
9	1	0,8	1,925
	2	0,5	0,675
	3	0,4	0,47
	4	0,25	0,282
10	1	1,8	2,775
	2	0,8	1,15
	3	0,4	0,75
	4	0,1	0,45
12	1	2,0	3,125
13	1	1,15	2,075
15	1	1,8	2,95
	2	0,8	1,1
	3	0,4	0,7
	4	0,1	0,4
18	1	1,8	2,975
	2	0,8	1,1
	3	0,4	0,7
19	1	1,0	1,905
	2	0,15	0,297
	3	0,3	0,359
	4	0,03	0,063
21	1	0,5	0,604
	2	0,1	0,147
23	1	2,0	3,3
24	1	1,8	2,775
25	1	0,8	2,025

«На заключительном этапе проектирования заготовки необходимо определить ее характеристики» [4]. Решение этой задачи выполняется с использованием данных [4].

«В данном случае заготовка имеет следующие параметры: класс точности Т4, группа стали М2, степень сложности С1, исходный индекс для определения начальных допусков И11, наружные уклоны 5°, внутренние уклоны 7°, радиус закруглений 2 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 0,8 мм, concentricity отверстий 1,0 мм, смещение по поверхности разъема штампа не более 0,8 мм» [4]. Полученные параметры используются для проектирования контура заготовки и назначения технических требований.

«Чертеж заготовки, содержащий все необходимые данные, приведен в графической части работы» [4].

2.2 Проектирование плана изготовления детали

«План изготовления является графическим отражением технологии изготовления детали» [11]. «В ходе анализа типа производства выяснено, что технологию изготовления рекомендуется разрабатывать на основе типовых технологических процессов» [13]. Следует учитывать, что точность обработки достигается предварительной настройкой оборудования на размер. Основой плана изготовления является маршрут изготовления детали, который в соответствии с характеристиками типа производства проектируется на основе типовых маршрутов [11] путем их модификации согласно требованиям рассматриваемой детали. Технологический маршрут изготовления детали приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование, сверление	1, 23, 26, 27
010 Токарная	точение	11, 12, 13, 15, 16, 18, 19
015 Токарная	точение	2, 6, 7, 9, 10, 24, 25
020 Токарная	точение	14, 15, 16, 17, 18, 19, 22

Продолжение таблицы 4

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
025 Токарная	точение	5, 8, 9, 10
030 Сверлильная	сверление, зенкование, зенкерование, развертывание	20, 21
035 Зубодолбежная	долбление	3, 4
040 Термическая	закалка, отпуск	все
045 Центрошлифовальная	долбление	26, 27
050 Внутришлифовальная	шлифование	9, 10
055 Круглошлифовальная	шлифование	15, 16, 18, 19
060 Внутришлифовальная	шлифование	9, 10
065 Круглошлифовальная	шлифование	15, 16, 19
070 Полировальная	полирование	19
075 Моечная	мойка	все
080 Контрольная	контроль	все

«Далее проектируем план изготовления детали согласно рекомендациям» [15]. Для проектирования плана изготовления необходимо разработать схемы базирования, проставить операционные размеры и назначить технические требования.

При проектировании схем базирования на технологических операциях следует ориентироваться на типовые схемы базирования, соблюдать принцип постоянства баз и по возможности единства.

Операционные размеры проставляются на эскизах технологических операций согласно принятым схемам базирования и используемому оборудованию.

Технические требования назначаются согласно технологическим возможностям метода обработки и возникающим на операции погрешностям обработки.

«Чертеж плана изготовления приведен на листах графической части работы и оформлен в виде маршрутной карты в Приложении А таблица А.1 «Технологическая документация»» [11].

2.3 Выбор средств технологического оснащения

«Средства технологического оснащения включают в себя оборудование, режущий инструмент, технологическую оснастку и средства контроля» [13]. При выборе средств технологического оснащения следует руководствоваться результатами анализа типа производства и нижеследующими соображениями.

Оборудование должно обеспечивать возможность его настройки на заданные размеры. Согласно минимальным требованиям станки должны иметь полуавтоматический цикл работы. Предпочтительным является использование станков, оснащенных системами числового управления. Оборудование дополнительно может оснащаться средствами активного контроля и адаптивного управления. Приемлемым является использование универсальных и специализированных станков.

Режущий инструмент должен обеспечивать точность обработки и качество обработки поверхности, иметь требуемую стойкость, быть быстропереналаживаемым. «Желательно использование универсального режущего инструмента» [13].

Технологическая оснастка должна обеспечивать требуемую точность закрепления, требуемое усилие закрепления, реализацию теоретической схемы базирования, быть переналаживаемой, отвечать требованиям надежности, долговечности и эргономичности. Желательно использование универсальной механизированной оснастки. Допускается использование универсально-сборной оснастки и реже специальной.

Средства контроля должны отвечать требованиям точности измерений, универсальности и выдавать результаты в требуемом виде. Желательно использование универсальных средств контроля, выдающих результат измерений в абсолютных величинах.

«Выбор средств технологического оснащения осуществим по данным справочников и литературных источников [1], [2], [8], [9], [10], [14], [17], [19], [21]. Выбор средств технологического оснащения приведен в таблице 5» [13].

Таблица 5 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-78» [19]	«тиски призматические самоцентрирующие специальные» [10]	фреза торцовая насадная Ø100 ГОСТ 9473-80 Т5К10, сверло центровочное 2317-0008 ГОСТ14952-75 Р6М5, зенковка 2353-0139 ГОСТ14953-80 Р6М5	«калибры, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
010 Токарная	«токарный HAAS SL-10» [8]	«патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ 2675-80, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный специальный GC4225 «Sandvik»» [9]	«штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
015 Токарная	«токарный HAAS SL-10» [8]	«патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75, упор» [10]	«резец контурный специальный GC4225 «Sandvik», резец расточной TCMT 09 02 02-PF GC4215 «Sandvik», резец канавочный N123K2-0300-0002-GF GC1125 «Sandvik»» [9]	«нутромер ГОСТ 10-88, штангенциркуль ГОСТ166-89» [1]
020 Токарная	«токарный HAAS SL-10» [8]	«патрон самоцентрирующий трехкулачковый ГОСТ2675-80, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец контурный CNMG 09 0308-WF GC4215 «Sandvik»» [9]	«скоба индикаторная ГОСТ 11098-75, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
025 Токарная	«токарный HAAS SL-10» [8]	«патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«резец расточной DNMX 11 04 04-WF GC4215 «Sandvik», резец канавочный N123K2-0300-0004-CR GC1125» [9]	«нутромер ГОСТ10-88» [1]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
030 Сверлильная	«вертикально-сверлильный НААС ОМ-1» [8]	тиски призматические самоцентрирующие специальные	сверло Ø9,4 R840-0940-30-A0A GC1220 «Sandvik», зенковка Ø12,5 ГОСТ14953-80 P6M5, зенкер Ø9,9 C4-391.37A-12 055B GC1220 «Sandvik», развертка Ø10 830B-E06D1000H7S12 GC1220 «Sandvik»	калибры
035 Зубодолбежная	зубодолбежный 7M430	патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75	долбяк Ø50 ГОСТ 9323-79 P6M5	калибры
040 Термическая	печь	–	–	
045 Центрошлифовальная	центрошлифовальный 3922	тиски призматические самоцентрирующие специальные	головка алмазная АГК	калибры
050 Внутришлифовальная	«внутришлифовальный 3K228» [19]	«патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг шлифовальный 11-50x32x13 23A60K7V30м/с1А, круг шлифовальный 1-25x40x13 23A60K5V40м/с1А» [2]	«нутромер ГОСТ 10-88» [1]
055 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3A151» [19]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг специальный 3-400x30x150 23A60K6V5 35м/с1А» [2]	«скоба индикаторная ГОСТ 11098-75» [1]
060 Внутришлифовальная	«внутришлифовальный 3K228» [19]	«патрон цанговый, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг шлифовальный 11-50x32x13 24A50K6V40м/с1А, круг шлифовальный 1-32x40x13 24A50K5V40м/с1А» [2]	«нутромер ГОСТ 10-88» [1]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
065 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3А151» [19]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«круг специальный 3-400x30x150 24А40М6V5 35м/с1А» [2]	«скоба индикаторная ГОСТ 11098-75» [1]
070 Полировальная	«полировальный 3890» [19]	«патрон поводковый ГОСТ 2571-71, центр ГОСТ 8742-75» [10]	«лента полировальная 14А25-НМР» [2]	«скоба индикаторная ГОСТ 11098-75» [1]
075 Моечная	«моечная машина» [19]	—	—	—
080 Контрольная	«контрольный стол» [19]	—	—	—

«Представленные в таблице 5 средства оснащения технологического процесса заносятся в соответствующую технологическую документацию: план изготовления, технологические наладки, маршрутные карты и операционные карты» [11]. Более подробно данная технологическая документация приведена в графической части работы, а также в приложении А «Технологическая документация».

2.4 Расчет режимов резания и нормирование

«Заключительным этапом проектирования технологических операций является расчет режимов резания на их выполнение и нормирование» [11]. Расчет режимов резания выполняется на основе расчетно-аналитического метода [19] для ответственных операций и опытно-статистического метода [16] для всех остальных. Нормирование операций осуществляется на основе расчетно-аналитического метода [11], в обоснованных случаях допускается применение метода хронометража.

Ниже приведены основные положения предлагаемых методик расчета «режимов резания и нормирования технологических операций» [11].

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (15)$$

где C_V – постоянная определяемая видом обработки;

K_V – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм.;

S – подача, мм/об;

m, x, y – показатели степеней, учитывающие условия резания» [19].

«Далее определяется частота вращения шпинделя инструмента или заготовки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (16)$$

где d – диаметр обработки, мм» [19].

«С учетом характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (17) \gg [19]$$

«Нормирование технологических операций заключается в определении штучно-калькуляционного времени на их выполнение по формуле:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n_3}, \quad (18)$$

где $T_{шт}$ – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время выполнения операции, мин;

n_3 – размер партии деталей, шт» [19].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{обс} + T_{п} \quad (19)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

T_B – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{обс}$ – время на обслуживание, мин;

$T_{п}$ – время на личные потребности, мин» [19].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{р.х.}}{S \cdot n}, \quad (20)$$

где $L_{р.х.}$ – длина рабочего хода, мм;

S – подача, мм/об» [19].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{р.х.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (21)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [19].

«Результаты расчета представлены в таблице 6» [11].

Таблица 6 – Режимы выполнения операций и их нормирование

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
005	1	0,15	79	250	104	0,35	1,67

Продолжение таблицы 6

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно-калькуляционное время, мин
005	2	0,5	6	36	5	0,28	–
	3	0,26	10	630	14	0,09	
010	1	0,6	216	320	33	0,17	1,78
015	1	0,4	350	1500	40	0,07	0,36
	2	0,32	320	1870	65	0,11	
	3	0,1	263	1250	10	0,08	
020	1	0,2	220	2000	100	0,25	0,35
025	1	0,15	295	2000	17	0,06	0,18
	2	0,12	295	2000	4	0,02	
030	1	0,25	74	2500	29	0,05	0,3
	2	0,25	24	760	2	0,02	
	3	0,32	30	960	29	0,1	
	4	0,8	32	1020	29	0,04	
035	1	0,22	30		18	2,38	3,1
045	1	0,55	15	300	0,8	0,18	0,28
050	1	0,010	40	360	7	0,82	3,04
	2	0,014	30	360	14	1,52	
055	1	0,020	25	360	52	1,57	3,54
	2	0,020	25	360	38	1,15	
060	1	0,005	30	360	7	1,8	5,63
	2	0,008	25	360	14	2,7	
065	1	0,003	35	360	52	1,88	4,24
	2	0,003	35	360	38	1,38	
070	1	–	60	100	50	0,74	0,93

«Представленные в таблице 6 режимы резания и результаты нормирования технологических операций заносятся в технологические наладки, маршрутные карты и операционные карты» [11]. «Более подробно данная документация приведена в графической части работы, и в приложении А «Технологическая документация»» [1].

Результатом выполнения данного раздела стало решение таких вопросов как «выбор и проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций.[11].

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование самоцентрирующих тисков

В базовом технологическом процессе при выполнении фрезерно-центровальной операции по фрезерованию торцовых поверхностей, сверлению центрального отверстия и зенкованию фаски, представленной на рисунке 3, предлагается использовать универсально-сборное приспособление, состоящее из призм, упора и прихвата. Такое решение не позволяет реализовать теоретическую схему базирования, требуемую на данной операции, что приводит к появлению дополнительной погрешности базирования на данной операции. К недостаткам операции также относится процесс закрепления, который осуществляется вручную, что приводит к увеличению времени на снятие и установку заготовки, а также к отсутствию стабильности сил закрепления.

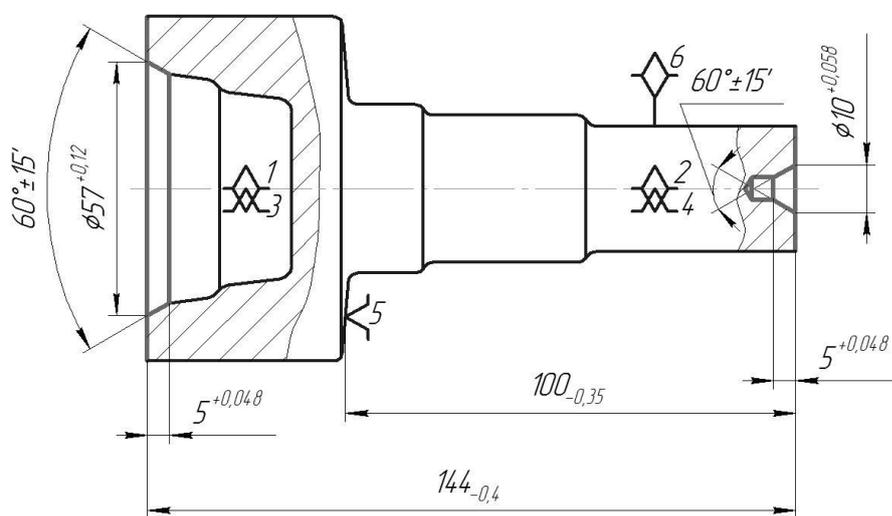


Рисунок 3 – Эскиз операции

Анализ литературы [6] показал, что для реализации принятой на операции схемы базирования с учетом особенностей выполнения операции и необходимости механизации процесса закрепления лучше всего подходят

самоцентрирующие тиски с призматическими губками и рычажным зажимным механизмом. Проектирование приспособления произведем с использованием методики проектирования и данных [6].

«Основная составляющая силы резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D \cdot g \cdot n^w} k_{\text{мп}}, \quad (22)$$

где: C_p , x , y , u , g , w – коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают особенности обработки данного материала;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения фрезы, об/мин;

$k_{\text{мп}}$ – коэффициент, который учитывает влияние механических характеристик обрабатываемого материала» [6].

$$\ll k_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3}. \quad (23) \gg [6]$$

Выполняем расчеты.

$$k_{\text{мп}} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3^{0,95} \cdot 0,15^{0,8} \cdot 74^{1,1} \cdot 10}{100^{1,1} \cdot 250^0} 1,08 = 948,74 \text{ Н.}$$

«Другие составляющие силы резания определяются из выражений:

$$P_h = P_z \cdot 0,4. \quad (24)$$

$$P_v = P_z \cdot 0,9. \quad (25)$$

$$P_y = P_z \cdot 0,95. \quad (26) \gg [6]$$

«Подставив соответствующие значения получаем:

$$P_h = 948,74 \cdot 0,4 = 379,5 \text{ Н.}$$

$$P_v = 948,74 \cdot 0,9 = 853,87 \text{ Н.}$$

$$P_y = 948,74 \cdot 0,95 = 901,3 \text{ Н} \gg [6].$$

На переходе сверления максимальный крутящий момент составляет 68,95 Н·м, осевая сила осевая сила составляет 193 Н.

«Выполнение силового расчета приспособления основано на обеспечении силового баланса сил резания и закрепления. Для этого составим силовую схему приспособления, представленную на рисунке 4» [6].

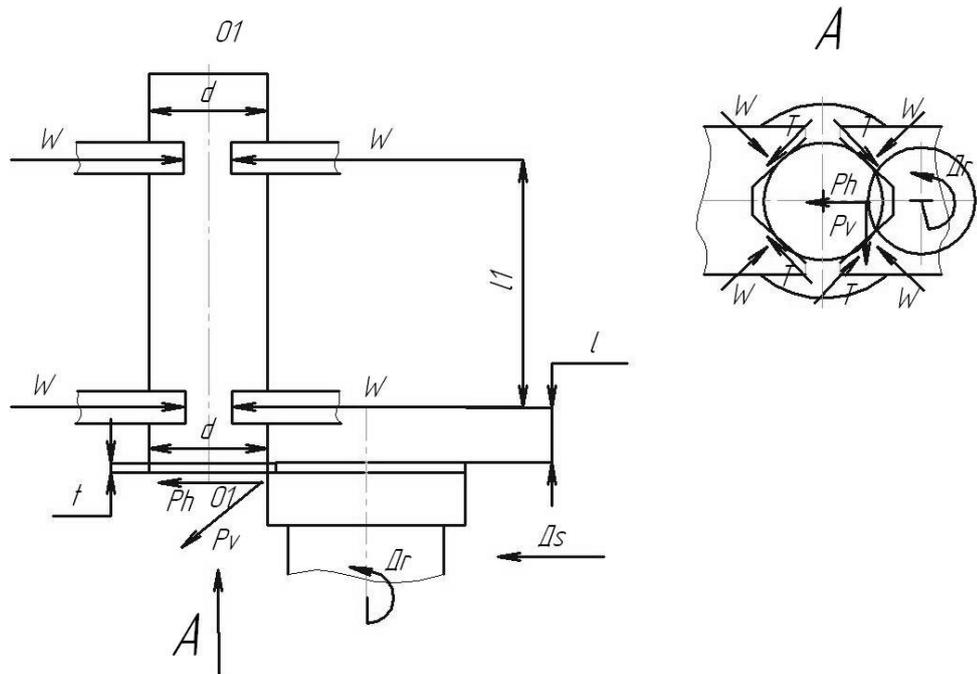


Рисунок 4 – Силовая схема приспособления

«В ходе обработки составляющая силы резания P_h создает момент равный:

$$M_p = P_h \cdot l, \quad (27)$$

где l – плечо, определяемое по схеме на рисунке 4, мм» [6].

«Для нахождения системы в равновесии необходимо приложить момент закрепления равный:

$$M_3 = W \cdot l_1, \quad (28)$$

где W – сила закрепления, Н;

l_1 – плечо, определяемое по схеме на рисунке 4, мм» [6].

«Из условия равновесия системы выводим уравнение для расчета усилия закрепления:

$$W = \frac{P_h \cdot l \cdot K}{l_1}, \quad (29)$$

где K – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки» [6].

$$W = \frac{379,5 \cdot 10}{150} \cdot 2,2 = 56 \text{ Н.}$$

«Аналогично составляющая силы резания P_v в процессе обработки создает момент, который равен:

$$M_p = \frac{P_v \cdot d_0}{2}, \quad (30)$$

где d_0 – диаметр обрабатываемого торца, мм» [6].

«В данном случае момент закрепления равен:

$$M_3 = 4 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (31)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей призмы и заготовки;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [6].

«Из условия равновесия системы выводим уравнение для расчета усилия закрепления:

$$W = \frac{P_v \cdot d_0 \cdot K}{8 \cdot f \cdot d_3}. \quad (32)» [6].$$

$$W = \frac{853,87 \cdot 68 \cdot 2,2}{8 \cdot 0,16 \cdot 80} = 1248 \text{ Н.}$$

«Дальнейшие расчеты ведем по наибольшему из полученных значений сил зажима, то есть 1248 Н» [6].

«Расчетное усилие закрепления следует скорректировать исходя из формы зажимных элементов приспособления. В данном случае это призматические губки, поэтому усилие рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{изм}} = \frac{W}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (33)$$

где α – угол призм, град» [6].

$$W_{\text{изм}} = \frac{1248}{\sin 45^\circ} = 1766 \text{ Н.}$$

«Данное значение также не будет окончательным, так как в направляющих призм в процессе работы механизма возникает трение, влияние которого учитывается формулой:

$$W_1 = \frac{W_{\text{изм}}}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (34)$$

где l – вылет призмы, мм;

H – длина направляющих призм, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих призм» [6].

$$W_1 = \frac{1766}{1 - \frac{3 \cdot 60}{120} \cdot 0,1} = 2078 \text{ Н.}$$

В конструкции приспособления предусмотрено применение двух

ползушек, поэтому силовой привод должен развивать усилие равное:

$$\llcorner Q = 2 \cdot W_1. \quad (35)\llcorner [6]$$

$$Q = 2 \cdot 2078 = 4156 \text{ Н.}$$

«Развитие данного усилия обеспечивается поршнем, диаметр которого рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (36)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в системе, МПа» [6].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 4156}{2,5} + 25^2} = 52 \text{ мм.}$$

«Расчетный диаметр поршня следует округлить до ближайшего большего, составляющего 60 мм» [6]. «Такое решение позволит использовать в конструкции приспособления стандартный силовой привод, что существенно удешевит конструкцию приспособления» [6].

После расчета конструктивных параметров приспособления необходимо определить его точность и выяснить обеспечивает ли спроектированное приспособление требуемую точность установки заготовки на данной операции.

«Для этого используется выражение:

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (37)$$

где T – допуск обрабатываемого размера, мм;

K_T – коэффициент поля рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

K_{T1} – коэффициент уменьшения погрешности базирования при работе на настроенном оборудовании;

ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

ε_y – погрешность установки, мм;

$\varepsilon_{и}$ – погрешность от износа установочных элементов, мм;

K_{T2} – коэффициент, учитывающий вклад погрешности обработки в суммарную погрешность;

ω – экономически эффективная точность обработки, мм» [6].

Проводим расчеты.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{пр} &\leq 0,3 - 1,0 \cdot \sqrt{(0 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,038^2 + 0,1^2 + (0,6 \cdot 0,12)^2} = \\ &= 0,172 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Исходя из полученной точности, назначаем посадки и допуски на размеры конструктивных элементов приспособления.

Приспособление имеет следующую конструкцию. На корпус приспособления неподвижно закреплен гидравлический привод и подвижные ползушки, на которые установлены призматические губки, осуществляющие центрирование и закрепление. Ползушки соединены с приводом посредством рычажного зажимного механизма, установленного в корпусе приспособления.

Принцип работы приспособления следующий. Масло подается в верхнюю полость гидроцилиндра, поршень перемещается вниз тем самым через рычажный зажимной механизм перемещает ползушки к центру приспособления. В результате заготовка центрируется в губках и закрепляется.

Раскрепление заготовки осуществляется следующим образом. Масло подается в нижнюю полость гидроцилиндра, система возвращается в исходное положение. При этом рычажный зажимной механизм обеспечивает движение ползушек от центра приспособления, тем самым освобождая заготовку.

Спроектированное приспособление представлено на соответствующем чертеже графической части работы и в приложении Б таблица Б.1 «Спецификации к сборочным чертежам».

3.2 Проектирование токарного резца

В базовом технологическом процессе одной из основных операций формообразования является токарная обработка. Проведя анализ базовых токарных операций приходим к следующему выводу. Используемая в стандартных резцах система крепления сменных многогранных режущих пластин не обеспечивает требуемой надежности крепления, жесткости и требует значительных затрат времени на смену режущей пластины, что в условиях среднесерийного типа производства увеличивает затраты на режущий инструмент и приводит к снижению качества обработки. Также при определенных режимах резания возможно появление сливной стружки, что приведет к увеличению вспомогательного времени на токарных операциях. Следовательно, необходимо спроектировать токарный резец, лишенный данных недостатков. Проектирование резца произведем по методике [17].

«Определим необходимые размеры державки проектируемого резца. Для этого определим площадь срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (38)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [17].

$$F = 2,5 \cdot 0,4 = 1,0 \text{ мм}^2.$$

«По расчетному сечению стружки подбираем конструктивные параметры державки резца: высота 25 мм, ширина 20 мм, длина 140 мм» [17].

Конструкция системы крепления предусматриваем режущей пластины через штифт. «Для обеспечения работоспособности данной системы

крепления необходимо определить его минимально допустимый диаметр по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (39)$$

где Q_1 – сила, действующая на штифт, Н;

σ_d – допустимое напряжение, МПа» [17].

«Сила, действующая на штифт, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (40)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [17].

«Выполним расчеты.

$$Q_1 = \frac{1475}{0,7} = 2108 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2108}{\pi \cdot 650}} = 2,1 \text{ мм} \text{» [17].}$$

«Подбираем стандартный штифт ближайшего большего диаметра, который составит 3 мм» [17].

«Проблему появления сливной стружки предлагается решить путем изменения конструкции режущей пластины» [17]. Предлагается на передней поверхности режущей пластины выполнить уступ, который будет создавать дополнительную деформацию срезаемой стружки и тем самым дробить ее на более мелкие сегменты. Геометрические параметры уступа примем по опытным данным [17]. Также в конструкции резца предлагается применить резинометаллическую вставку в специально выполненном для этого пазу в державке. Данное решение позволит снизить влияние на качество обработанных поверхностей вибраций, возникающих при обработке черновых поверхностей, а также на определенных режимах резания.

Резец имеет сборную конструкцию и состоит из державки, в отверстие

которой установлен штифт. На штифт устанавливаются опорная и режущая пластины. Закрепление режущей пластины осуществляется путем ее поджатия к штифту через клин, перемещаемый при помощи винта.

«Спроектированный резец представлен на соответствующем чертеже графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [11].

Результатом выполнения данного раздела стало решение вопросов проектирования специальных средств оснащения, таких как самоцентрирующие тиски и токарный резец. В результате решены ряд технических проблем базового технологического процесса. Сокращено вспомогательное время снятия и установки заготовки на фрезерно-центровальной операции. Решена проблема надежности крепления режущих пластин и дробления стружки на токарных операциях. Это позволило повысить эффективность спроектированной технологии.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Объектом выпускной квалификационной работы является технологический процесс изготовления вала привода насоса в условиях среднесерийного типа производства.

Технологический процесс состоит из фрезерно-центровальной, токарных, сверлильной, зубодолбежной, шлифовальных операций. В ходе технологического процесса используются следующие средства технологического оснащения. Станки: фрезерно-центровальный МР-78, токарные HAAS SL-10, вертикально-сверлильный HAAS OM-1, зубодолбежный 7M430, центрошлифовальный 3922, внутришлифовальный 3K228, круглошлифовальный 3A151. Станочные приспособления: тиски призматические самоцентрирующие, патроны трехкулачковые, центра, патроны цанговые, патроны поводковые. Режущие инструменты: резцы, сверла, зенковка, зенкер, развертка, долбяк, круги шлифовальные. Средства контроля: штангенциркули, нутромеры, скобы, калибры. Обслуживание и управление оборудования обеспечивают операторы станков с числовым программным управлением, сверловщики, фрезеровщики, зуборезчики, шлифовщики.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Профессиональные риски, возникающие при проведении технологического процесса, идентифицируем по ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [3]. Полученные данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
средства технологического оснащения, указанные в пункте 4.1	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [3]	«падение с высоты, падение предметов» [3]
	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]	«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [3]
	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]	«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [3]
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [3]	«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [3]
	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]	«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств (например потеря равновесия, ослаблении внимания)» [3]
	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых» [3]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим» [3]

Продолжение таблицы 7

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
–	тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [3]	или сосудистым расстройством» [3]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]	«физические перегрузки» [3]
	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [3]	«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [3]

Определенные риски установлены исходя из наибольшей вероятности их появления в соответствии с применяемыми для изготовления детали средствами технологического оснащения.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Произведем подбор методов и средств снижения профессиональных рисков по Приказу Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» [3].

Полученные данные приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«падение с высоты, падение предметов» [3]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [3]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания от неполадок или повреждения систем управления» [3]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [3], «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [3]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [3], «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [3]
«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты,» [3]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация» [3]

Продолжение таблицы 8

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
–	«дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«технологического оборудования» [3]
«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [3]
«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [3]
«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими» [3]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного» [3]

Продолжение таблицы 8

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
–	«средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [3]
«физические перегрузки» [3]	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [3]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [3]
«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [3]	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [3]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [3]

Предлагаемые организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора являются достаточными и эффективными при осуществлении спроектированного технологического процесса.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Идентификация источников потенциального пожара основано на знании класса пожара и выявлении его опасных факторов. «В данном случае класс пожара D, характеризуемый воспламенением и горением металлов» [3].

«Опасные факторы потенциального пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [3].

Для определения технических средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности необходимо определить категорию пожароопасности помещения. «В данном случае помещение относится к категории ВЗ помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б» [3].

Для помещений данной категории рекомендуются следующие средства пожаротушения: огнетушители ОП-10, мотопомпа, пожарные извещатели, пожарные щиты класса ЩП-А, пожарная сигнализация. Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: инструкции по действиям персонала, инструктаж по пожарной безопасности.

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

В ходе выполнения рассматриваемого технологического процесса возникает ряд негативных экологических факторов. В первую очередь это возможность загрязнения гидросферы и литосферы горюче-смазочными

материалами, используемыми для работы оборудования, а также технологическими жидкостями, применяемыми в ходе технологического процесса. Также возможно их загрязнение частицами абразива, металлической стружкой и ломом, а также мусором, возникающим в ходе технологического процесса. Влияние на атмосферу выражено незначительными выбросами металлической и абразивной пыли, возникающими при шлифовании. Количество данных выбросов крайне мало.

Снижение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду регламентируется путем проведения мероприятий регламентированных в ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [3]. «С целью снижения и устранения загрязнения гидросферы применяются технические средства по очистке сточных вод, которые должны соответствовать ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения»» [3].

В данном разделе проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта, по результатам которого разработан комплекс мероприятий, направленных на устранение выявленных в ходе данного анализа недостатков.

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 совершенствование двух операций. А именно, применение не них более современного оборудования, за счет этого достигается сокращение их трудоемкости. Модели применяемого оборудования в базовом и проектном варианте представлены в соответствующих разделах бакалаврской работы. Совместно с заменой оборудования было предложено применить специальную оснастку и более износостойкой инструмент, что также привело к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованных операций.

Результаты технических изменений после совершенствований операций, а именно замены двух операций на одну:

- сокращение основного времени выполнения операций на 14,9%;
- сокращение вспомогательного времени – на 48,3%;
- уменьшение использование производственных площадей на 16,5%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента на 12,5 %.

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 5 представлены методики, которые позволять грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 5 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [12]

Используя, описанную на рисунке 5, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (K_{BV}), которая составила 137031,82 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 6 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 6, можно сказать, что затраты на оборудование с учетом доставки и монтажа являются самыми существенными, так как их доля составила 68,3% в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 7.

Квв = 137031,82 руб.

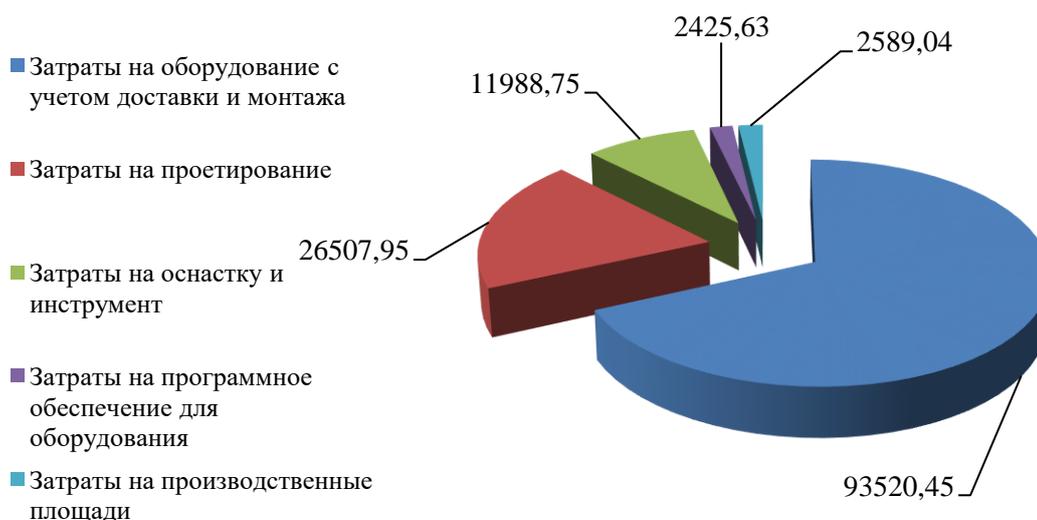


Рисунок 6 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

Как видно из рисунка 7, 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, насколько она снизится, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

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

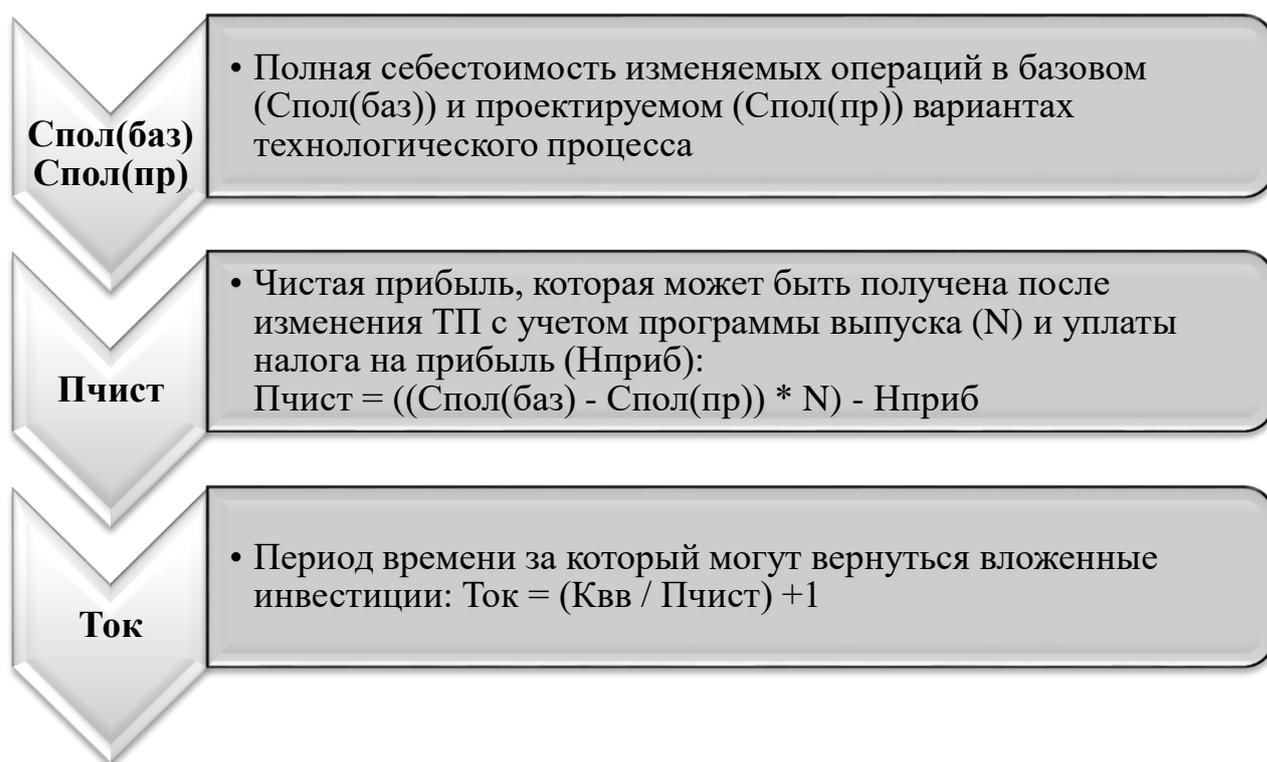


Рисунок 7 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

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.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($\mathcal{E}_{\text{инт}}$) 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 8 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.

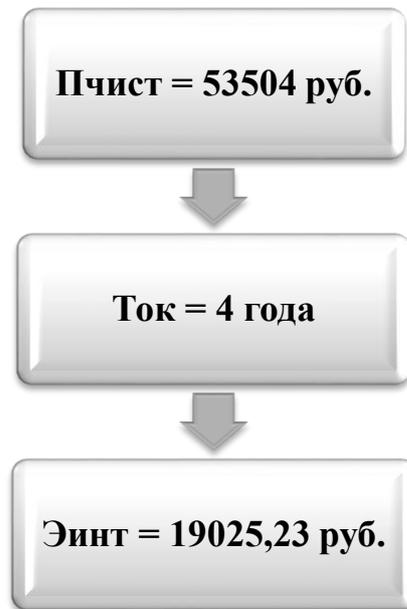


Рисунок 8 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{ЧИСТ}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ОК}}$) и экономического эффекта ($\text{Э}_{\text{ИНТ}}$)

Как показано на рисунке 8, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

В данном разделе проведены расчеты, которые подтверждают экономическую эффективность предлагаемого технологического процесса и мероприятий, направленных на его совершенствование.

Заключение

«В ходе выполнения работы был проведен анализ имеющихся данных, таких как служебное назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства» [11]. «В результате сформулированы задачи работы, решение которых позволило достичь следующих результатов» [11].

«Решены вопросы по выбору и проектированию заготовки, проектированию плана изготовления детали, выбору средств технологического оснащения, расчетам режимов резания и нормирования технологических операций» [11]. «В результате разработана технология изготовления на основе типового технологического процесса» [11].

«Решены вопросы проектирования специальных средств оснащения» [11], таких как самоцентрирующие тиски для фрезерно-центровальной операции и контурный токарный резец для токарной операции. В результате был решен ряд технических проблем типового технологического процесса, что позволило повысить его эффективность.

«Проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта» [11], по результатам которого разработан комплекс мероприятий, направленных на устранение выявленных в ходе данного анализа недостатков.

Проведены расчеты, которые подтверждают экономическую эффективность предлагаемого технологического процесса и мероприятий, направленных на его совершенствование.

«Получение данных результатов позволило достигнуть цели работы, которая заключается в разработке такого технологического процесса изготовления вала привода насоса, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления с учетом серийности производства при минимальных затратах на изготовление» [11].

Список используемых источников

1. Болтон У. Карманный справочник инженера –метролога. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
2. Вереина Л.И. Абразивная обработка: справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е.И. Фрадкин; под общ. ред. Л.И. Вереиной. – Москва: ИНФРА – М, 2021. – 304 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1282222> (дата обращения: 17.04.2023).
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
4. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
5. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Электрон. дан. – СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с.
6. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие / Иванов И.С. – М.: НИЦ ИНФРА –М, 2018. – 198 с.: – URL: <https://znanium.com/catalog/product/959399> (дата обращения: 22.04.2023).
7. Иванов И. С. Технология машиностроения: учебное пособие / И.С. Иванов. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 240 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836626> (дата обращения: 07.04.2023).
8. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 21.04.2023).
9. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 19.04.2023).

10. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 15.04.2023).

11. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 29.03.2023).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб. –метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти.: ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 10.05.2023).

13. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5 –е изд., стер. – Санкт –Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 02.04.2023).

14. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва.: ИНФРА –М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 19.04.2023).

15. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб. –метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 16.04.2023).

16. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4 –е изд., перераб. и доп. – Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

17. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб.

пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва.: ИНФРА –М, 2016. – 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 19.04.2023).

18. Справочник технолога –машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5–е изд., испр. – Москва : Машиностроение–1, 2003. – 910 с.

19. Справочник технолога –машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5 –е изд., испр. – Москва : Машиностроение –1, 2003. – 941 с.

20. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

21. Харченко А. О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учебное пособие / А.О. Харченко. – 2 –е изд. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА –М, 2023. – 260 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 11.04.2023).

22. Химический состав и физико-механические свойства стали 25ХГТ [Электронный ресурс]. – URL: https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/25XGT?ysclid=lg3impqt9t607154871 (дата обращения: 12.03.2023).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
T 19	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392101 Резец контурный специальный GC4225 Sandvik;														
T 20	393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ166-89.														
21															
A 22	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 23	381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,36														
0 24	Точить последовательно поверхности 2, 6, 7, 9, 10, 24, 25 в размер $\phi 42^{+0,25}$, $\phi 46,7^{+0,25}$, $\phi 54^{+0,3}$, $\phi 66^{+0,3}$,														
0 25	$\phi 74_{0,3}$, $126_{0,4}$, $114,3_{0,35}$, $110_{0,35}$, $3_{0,1}$.														
T 26	396190 Патрон цанговый; 392101 Резец контурный специальный GC4225 Sandvik; 392101 Резец														
T 27	расточной TCMТ 090202-PF GC4225 Sandvik; 392101 Резец канавочный N123K2-0300-0002-GF GC1125														
T 28	Sandvik; 393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ166-89; 393450 Нутромер НМ-75 ГОСТ10-88.														
29															
A 30	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 31	381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,35														
0 32	Точить последовательно поверхности 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22 в размер $\phi 25,66_{0,084}$, $\phi 30,83_{0,084}$, $14,3_{0,1}$														
0 33	$94,4_{0,3}$, $58,5_{0,3}$, $1_{0,1} \times 45^\circ$.														
T 34	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный CNMG 090308-WF GC4215														
T 35	Sandvik; 393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ166-89; 394300 Скоба индикаторная СИ-50 ГОСТ 11098-75.														
36															
A 37	XX XX XX 025 4110 Токарная														
Б 38	381101 Токарный HAAS SL-10 3 18217 312 1P 1 1 1 800 1 0,18														
0 39	Точить последовательно поверхности 5, 8, 9, 10 в размер $\phi 45,7^{+0,1}$, $\phi 47,5^{+0,25}$, $14,1_{0,4}$, $124_{0,35}$, $111_{0,35}$,														
0 40	$1_{0,1} \times 45^\circ$.														
T 41	396190 Патрон цанговый; 392101 Резец расточной DNMX 110404-WF GC4215 Sandvik; 392101 Резец														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Т 69	392101 Резец канавочный N123K2-0300-0004-GF GC1125 Sandvik; 393450 Нутромер НМ-75 ГОСТ10-88.														
70															
А 71	XX XX XX 030 4120 Сверлильная														
Б 72	381210 Сверлильный с ЧПУ НААС ОМ-1 3 17335 422 1Р 1 1 1 800 1 0,3														
О 73	Сверлить, зенкеровать, развертывать, зенковать поверхность 21 в размер $\phi 10^{+0,030}$														
Т 74	9613 Тиски призматические самоцентрирующие специальные; 391213 Сверло $\phi 9,4$ R840-0940-30-A0A														
Т 75	GC1220 Sandvik; 391701 Развертка $\phi 10$ 830B-E06D1000H7S12 GC1220 Sandvik; 391611 Зенкер $\phi 9,9$														
Т 76	Г4-391-37А-12 055В GC1220 Sandvik; 391633 Зенковка $\phi 12,5$ ГОСТ14.953-80 Р6М5; 393400 Калибр														
77															
А 78	XX XX XX 035 4152 Зубодолбежная														
Б 79	381571 Зубодолбежный ТМ430 3 12287 422 1Р 1 1 1 800 1 3,1														
О 80	Долбить поверхности 3, 4 в размер 9-й степени точности.														
Т 81	396190 Патрон цанговый; 392413 Долбяк чашечный $\phi 50$ ГОСТ9323-79 Р6М5; 393400 Калибры.														
82															
А 83	XX XX XX 040 Термическая														
84															
А 85	XX XX XX 045 4142 Центрошлифовальная														
Б 86	381317 Центрошлифовальный 3922 3 18873 422 1Р 1 1 1 800 1 0,28														
О 87	Шлифовать поверхности 26, 27 в размер $\phi 6^{+0,018}$, $\phi 56^{+0,048}$														
Т 88	396171 Тиски самоцентрирующие специальные; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ2447-82; 393610														
Т 89	Шаблон.														
90															
А 91	XX XX XX 050 4132 Внутришлифовальная														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз
Б 94					381312 Внутршлифовальный ЗК228	3	18873	422	1Р	1	1	1	800	1		3,04
О 95					Шлифовать поверхности 9, 10 в размеры $\phi 46,5^{+0,039}$, $111,0_{-0,25}$.											
Т 96					396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-75 ГОСТ10-88.											
97																
А 98					XX XX XX 055 4131 Круглошлифовальная											
Б 99					381311 Круглошлифовальный ЗА151	3	18873	422	1Р	1	1	1	800	1		3,54
О 100					Шлифовать поверхности 15, 16, 18, 19 в размер $\phi 25,06_{-0,033}$, $\phi 30,33_{-0,062}$, $82,4_{-0,3}$, $56,5_{-0,3}$.											
Т 101					396190 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба индикаторная											
Т 102					СИ-50 ГОСТ11098-75.											
103																
А 104					XX XX XX 060 4132 Внутршлифовальная											
Б 105					381312 Внутршлифовальный ЗК228	3	18873	422	1Р	1	1	1	800	1		5,63
О 06					Шлифовать поверхности 9, 10 в размеры $\phi 47^{+0,025}$, $111,0_{-0,25}$.											
Т 107					396190 Патрон цанговый; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-75 ГОСТ10-88.											
108																
А 109					XX XX XX 065 4131 Круглошлифовальная											
Б 110					381311 Круглошлифовальный ЗА151	3	18873	422	1Р	1	1	1	800	1		4,24
О 111					Шлифовать поверхности 15, 16, 19 в размер $\phi 25^{+0,015}$, $\phi 30^{+0,015}$, $56_{-0,3}$.											
Т 112					396190 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба индикаторная											
Т 113					СИ-50 ГОСТ11098-75.											
114																
А 115					XX XX XX 070 4191 Полировальная											
Б 116					381337 Полировальный З890	3	18873	422	1Р	1	1	1	800	1		0,93
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа														
						Код, наименование оборудования	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт			
0 117					<i>Поліровать поверхность 19 в размер $\phi 25_{-0,04}^{+0,073}$.</i>															
Т 118					<i>396190 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 393121 Скоба индикаторная</i>															
Т 119					<i>СИ-50 ГОСТ11098-75.</i>															
120																				
А 121					<i>XX XX XX 075 Моечная.</i>															
122																				
А 123					<i>XX XX XX 080 Контрольная.</i>															
123																				
124																				
125																				
126																				
127																				
128																				
129																				
130																				
131																				
132																				
133																				
135																				
136																				
137																				
138																				
139																				
МК																				

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Калун			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Вал						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Фрезерно-центровая		Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71			166	126	φ76,9x14,78			183	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	штп	сжж					
MP-78				063			084	Ужжжж-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	p	v				
01	1. Установить заготовку												
T ₀₂	396131 Тиски самоцентрирующие; 391801 Фреза торцовая φ100 ГОСТ 9473-80 Т5К10;												
T ₀₃	391267 Сверло центровочное А6 ГОСТ 14952-75 Р6М5; 391631 Зенковка ГОСТ 14953-80 Р6М5.												
02	2. Фрезеровать торцы, сверлить отверстия, выдерживая размеры согласно эскиза.												
P ₀₂		1			2,0		0,15	250	79				
P ₀₂		2			2,0		0,5	36	6				
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
04													
05													
06													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Калтун			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Вал						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			MB	КОИД		
Токарная		Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71			166	126	Ø76,9x14,78			183	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	слож					
Haas SL-10				0,23			0,32	Ужринал-1					
			пи	о	иль	в	L	t	i	s	п	v	
01	1. Установить заготовку												
Т.02	396190 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный специальный GC4225 Sandvik.												
0.03	2. Точить поверхности выдерживая размеры согласно эскиза.												
Р.04			1				2,5		0,4	1500	350		
05	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
06													
07													
08													
09													
10													

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A2			23.БР.ОТМП.277.70.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<i>Детали</i>						
A3	1		23.БР.ОТМП.277.70.00.001	Державка резца	1	
A4	2		23.БР.ОТМП.277.70.00.002	Пластина опорная	1	
A4	3		23.БР.ОТМП.277.70.00.003	Штифт цилиндрический	1	
A4	4		23.БР.ОТМП.277.70.00.004	Вставка стингера	1	
A4	5		23.БР.ОТМП.277.70.00.005	Пластина режущая трехгранная "Sandvik"	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
	6			Винт зажимной ГОСТ 17475-80	1	
	7			Клин ГОСТ 19084-80	1	
23.БР.ОТМП.277.70.00.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб. Каплин						
Проб. Козлов						
Н.контр. Козлов						
Утв. Логинов						
Резец токарный				Лит. В	Лист	Листов 1
Копировал				ТГУ, ИМ ТМдп-1801а		
				Формат А4		