

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 кулачковой полумуфты

Обучающийся	<u>В.А. Федотов</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы «Технологический процесс изготовления кулачковой полумуфты».

«Целью работы является разработка такого технологического процесса изготовления кулачковой полумуфты, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления» [10]. При этом затраты на изготовление должны быть минимальными с учетом серийности производства.

«Работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка включает 65 страниц, графическая часть 7 листов формата А1» [10].

«Первый раздел работы содержит анализ имеющихся данных, таких как служебное назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства, формулируются задачи работы» [10]. «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» [10]. В результате выполнения данного раздела разрабатывается технологическая часть работы. Третий раздел работы содержит решение вопросов проектирования специальных средств оснащения, таких как оправка 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.

Abstract

The final qualifying work topic is «The technological process of manufacturing a cam coupling».

The work aim is to develop such a technological process for manufacturing a cam coupling that will ensure the release of parts annual program within the specified time, provided that the required manufacturing quality is ensured. At the same time, the manufacturing costs should be minimal, taking into account the serial production.

«The work consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note includes 65 pages, the graphic part is 7 sheets of A1 format» [27].

The work first section contains an analysis of available data, such as the service purpose and the part operating conditions, the part manufacturability, the production type characteristics. As a result, the tasks of the «work are formulated. The work second section contains the solution of such issues as the workpiece selection and design, the part manufacturing plan design, the technological equipment choice, the cutting modes and the technological operations normalization calculation» [26]. As a result of this section, the work technological part is being developed. The work third section contains the solution of design issues of special equipment, such as a mandrel and a lathe cutter. As a result of the implementation of this section, a number of the basic technological process technical problems are solved, which made it possible to increase its efficiency. The work «fourth section contains an analysis of the safety and environmental friendliness of the technical facility» [26], as well as a set of measures aimed at eliminating the shortcomings identified during this analysis. The work «fifth section contains calculations that confirm the economic efficiency of the proposed technological process and measures aimed at its improvement» [26].

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали.....	6
1.2 Анализ технологичности детали.....	7
1.3 Анализ характеристик типа производства.....	10
1.4 Формулировка задач работы.....	12
2 Разработка технологической части.....	13
2.1 Выбор и проектирование заготовки.....	13
2.2 Проектирование плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор средств технологического оснащения.....	22
2.4 Расчет режимов резания и нормирование.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование оправки.....	29
3.2 Проектирование токарного резца.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	43
5 Экономическая эффективность работы.....	44
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	63

Введение

Соединение выходного вала привода и входного вала исполнительного механизма в современных машинах выполняется при помощи муфт, что обеспечивает требуемую надежность, долговечность и функциональность данного соединения. Выбор конструкции муфты зависит от множества факторов. Основные из них это величина передаваемого крутящего момента, необходимость компенсации несоосности соединяемых валов, требования по выполнению функций предохранения при перегрузках, необходимость включения без полной остановки привода. В случае необходимости выполнения последнего из названных выше требований наибольшее применение нашли муфты с торцовым зубом, имеющим V-образный профиль. Конструктивно данная муфта состоит из двух полумуфт, располагаемых на соединяемых валах, при этом одна из полумуфт является подвижной. В данной работе рассматривается технология изготовления такой полумуфты. Технические и эксплуатационные характеристики рассматриваемой детали обеспечиваются на стадии ее 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.

Таким образом, «целью работы является разработка такого технологического процесса изготовления кулачковой полумуфты, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления» [10]. При этом затраты на изготовление должны быть минимальными с учетом серийности производства.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали

Рассматриваемая в данной работе кулачковая полумуфта служит для соединения валов привода и исполнительного механизма без их полной остановки. Полумуфта передает крутящий момент между валами и компенсирует незначительные отклонения валов от соосности.

Передача момента осуществляется посредством боковых поверхностей внутренних шлиц и боковых поверхностей торцовых V-образных кулачков. Полумуфта устанавливается на вал по наружной поверхности внутренних шлиц, что обеспечивает возможность перемещения полумуфты по валу и ее центрирование. На наружной поверхности полумуфты имеются эвольвентные шлицы на которые устанавливается механизм синхронизации, обеспечивающий плавное соединение полумуфты с ответной частью без остановки работы механизма. На одной из торцевых поверхностей и отверстиях, выполненных на данной поверхности, устанавливается механизм перемещения полумуфты по валу.

Рабочие нагрузки полумуфты могут быть значительными по величине, но не должны превышать расчетных значений, так как это приведет к разрушению исполнительных поверхностей полумуфты. В ряде случаев возможно возникновение ударных нагрузок, однако данный режим работы не является штатным, и полумуфта, при длительном или периодическом их воздействии, может выйти из строя. Условия работы полумуфты зависят в первую очередь от механизма в котором она используется. В большинстве случаев данная полумуфта используется в производственных помещениях. Конструкция муфты подразумевает размещение полумуфты в защитном кожухе, что снижает воздействие внешних факторов. Однако, полностью нельзя исключать температурного воздействия, попадания влаги и технических жидкостей, используемых в производстве, металлической

стружки на наружные поверхности полумуфты. 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 конструкции, технологичность материала, технологичность механической обработки. Оценку детали на технологичность по данным критериям произведем с использованием методики [10].

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 V-образных пазов и эвольвентных наружных шлиц, 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 1. Далее классифицируем поверхности по их назначению. Результат приведен в таблице 1.

Таблица 1 – «Классификация поверхностей» [10]

Вид поверхности	Номер поверхности
«Основные конструкторские базы» [10]	19, 23, 43
«Вспомогательные конструкторские базы» [10]	3, 12, 27, 37
«Исполнительные поверхности» [10]	6, 22, 42
«Свободные поверхности» [10]	все оставшиеся

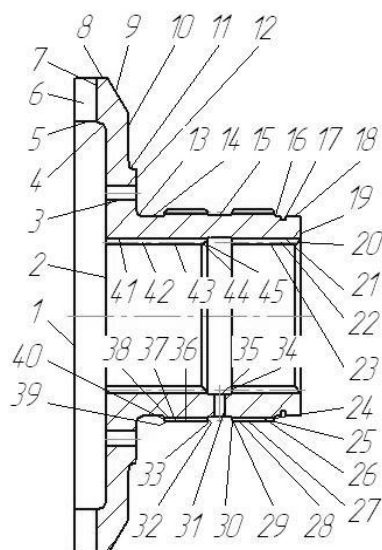


Рисунок 1 – Эскиз детали

Проанализируем полученные результаты. Общее количество поверхностей достаточно большое. При этом количество ответственных поверхностей, таких как «основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности» [10] 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 материала детали определяется его свойствами. Используемая для изготовления рассматриваемой детали сталь 30ХГНМ ГОСТ 4543-71 имеет следующие характеристики. «Химический состав: углерод от 0,09% до 0,16%, хром от 0,6% до 0,9%, марганец от 0,3% до 0,6%, никель от 1,25% до 1,65%, молибден от 0,2% до 0,3%, примеси серы и фосфора не более 0,025%, примесь меди не более 0,3%» [25]. «Механические свойства: предел текучести 360 МПа, предел прочности при растяжении 470 МПа, относительное удлинение 10%, относительное сужение 45%, твердость

в состоянии поставки по шкале Бринелля от 174 до 203 единиц» [25].

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 0,8, быстрорежущей сталью 0,7.

Анализ показал, что материал детали следует признать технологичным.

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. Однако для его определения требуется полностью все технологические процессы на производстве. В случае отсутствия таких данных используется упрощенная методика подразумевающая знание массы изготавливаемой детали годовой программы ее выпуска [14].

Масса детали определяется путем ее геометрического моделирования. В данном случае по результатам моделирования она составляет 6,4 кг. Годовая программа выпуска составляет 6000 штук. «При имеющихся данных тип производства соответствует среднесерийному» [14].

«Проведем анализ характеристик данного типа производства, определенных по данным» [14], [29].

В данном типе производства наиболее эффективна «поточная форма организации технологического процесса с запуском деталей в производство периодически повторяющимися партиями» [14]. 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» [14].

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.

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» [14].

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 позволяет сформулировать следующие задачи работы, решение которых позволит достичь цели работы» [10].

«Во-первых, необходимо решить такие задачи как выбор и проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [10]. В результате решения данных задач разрабатывается технологическая часть работы. Во-вторых, необходимо решить задачи проектирования специальных средств оснащения для операций, требующих технического совершенствования. В результате должен быть решен ряд технических проблем базового технологического процесса, что позволит повысить его эффективность. В-третьих, необходимо провести анализ безопасности и экологичности технического объекта, а также комплекс мероприятий, направленный на устранение выявленных в ходе данного анализа недостатков. В-четвертых, 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» [10].

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» [4]. 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 молоте с применением закрытых штампов и штамповка на горизонтально-ковочной машине» [4], [26].

«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» [4].

«Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

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

где i – индекс метода получения заготовки;

$C_б$ – 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_{II} – коэффициент программы выпуска» [4].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой на молоте с применением закрытых штампов, 2 для заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [4].

$$C_{ЗАГ\ 1} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 33,04 \text{ р.}$$

$$C_{ЗАГ\ 2} = 29,96 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 = 31,46 \text{ р.}$$

«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» [4].

$$Q_1 = 6,4 \cdot 1,6 = 10,24 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 6,4 \cdot 1,5 = 9,6 \text{ кг.}$$

«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» [4].

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

«Рассчитываем общие затраты по формуле (1).

$$C_{T1} = 33,04 \cdot 10,24 + 4,6 \cdot (10,24 - 6,4) - 1,4 \cdot (10,24 - 6,4) =$$

= 350,62 р.

$$C_{T2} = 31,46 \cdot 9,6 + 4,6 \cdot (9,6 - 6,4) - 1,4 \cdot (9,6 - 6,4) = 313,54 \text{ р} \gg [4].$$

«Метод получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбираем его для дальнейшего проектирования» [4].

Согласно общепринятой методике проектирования заготовок [4] 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» [9]. «Выбор в пользу одного из них делается на основе данных по суммарным удельным затратам по каждому из сравниваемых вариантов» [9]. Следует обеспечивать минимум данных затрат. «Результаты проектирования маршрутов обработки поверхностей приведены ниже в таблице 2» [10].

Таблица 2 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1, 12	10	12,5	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, переход черного шлифования» [9]
2, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 24, 28, 30, 32, 36, 40	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [9]
3, 31	12	12,5	«черновой переход сверления и переход термической обработки» [9]
6	10	3,2	«чистовой и черновой переходы фрезерования и переход термической обработки» [9]
7	10	6,3	«чистовой и черновой переходы фрезерования и переход термической обработки» [9]
17, 20, 25, 29, 33, 34, 35, 39, 44, 45	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [9]
19	10	2,5	«чистовой и черновой переходы точения, термической обработки и переход черного шлифования» [9]

Продолжение таблицы 2

Поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
21, 41	12	6,3	«переход протягивания и переход термической обработки» [9]
22, 42	9	6,3	«переход протягивания и переход термической обработки» [9]
23, 43	7	1,25	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, черновой и чистовой переходы шлифования» [9]
26, 38	12	12,5	«переход зубодолбления чернового и переход термической обработки» [9]
27, 37	8	1,25	«переход зубодолбления чернового и чистового и переход термической обработки» [9]

«Имея данные по маршрутам обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку» [10]. 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 23, 43 диаметром $62H7(+0,03)$ мм. Проводим расчет припуска для данных поверхностей с применением расчетно-аналитической методики [19].

«Расчет минимального значения припуска:

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

где i – текущий переход;

$i - 1$ – предыдущий переход;

a – глубина дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм» [19].

$$\llcorner z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{1,000^2 + 0,025^2} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,100^2 + 0,025^2} = 0,763 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T_0} + \sqrt{\Delta_{T_0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,040^2 + 0,020^2} = 0,295 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,016^2 + 0,020^2} = 0,155 \text{ мм} \gg [19].$$

«Расчет максимального значения припуска:

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

где Td_i – допуск на выполнение текущего перехода, мм;

Td_{i-1} – допуск на выполнение предыдущего перехода, мм» [19].

$$\llcorner z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,691 + 0,5 \cdot (2,800 + 0,3000) = 2,850 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,763 + 0,5 \cdot (0,430 + 0,100) = 1,028 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{T_0} + TD_3) = 0,295 + 0,5 \cdot (0,180 + 0,039) = 0,405 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,155 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,25) = 0,187 \text{ мм} \gg [19].$$

«Расчет среднего значения припуска выполняется с использованием выражения:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7) \gg [19]$$

$$\llcorner z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (2,850 + 1,300) = 2,075 \text{ мм.}$$

$$z_{ср2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (1,028 + 0,763) = 0,896 \text{ мм.}$$

$$z_{ср3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,405 + 0,295) = 0,350 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,187 + 0,155) = 0,171 \text{ мм} \gg [19].$$

«Расчет максимального операционного размера:

$$D_{(i-1)max} = D_{imax} - 2 \cdot z_{imin}. \quad (8) \gg [19]$$

«Расчет минимального операционного размера:

$$D_{(i-1)min} = D_{(i-1)max} - TD_{i-1}. \quad (9) \gg [19]$$

«Расчет среднего операционного размера:

$$D_{i\text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{imax} + D_{imin}). \quad (10) \gg [19]$$

«Минимальный операционный размер предшествующий термической операции рассчитывается по формуле:

$$D_{(i-1)max} = D_{тоmax} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [19]$$

«Расчеты размеров начинаем с последнего перехода.

$$D_{4max} = 62,030 \text{ мм.}$$

$$D_{4min} = 62,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4cp} = 0,5 \cdot (D_{4max} + D_{4min}) = 0,5 \cdot (62,030 + 62,000) = 62,015 \text{ мм.}$$

$$D_{3max} = D_{4max} - 2 \cdot z_{4min} = 62,030 - 2 \cdot 0,187 = 61,656 \text{ мм.}$$

$$D_{3min} = D_{3max} - TD_3 = 61,656 - 0,010 = 61,556 \text{ мм.}$$

$$D_{3cp} = 0,5 \cdot (D_{3max} + D_{3min}) = 0,5 \cdot (61,656 + 61,556) = 61,606 \text{ мм.}$$

$$D_{тоmax} = D_{3max} - 2 \cdot z_{3min} = 61,656 - 2 \cdot 0,405 = 60,647 \text{ мм.}$$

$$D_{тоmin} = D_{тоmax} - TD_3 = 60,647 - 0,018 = 60,476 \text{ мм.}$$

$$D_{тоcp} = 0,5 \cdot (D_{тоmax} + D_{тоmin}) = 0,5 \cdot (60,647 + 60,476) = \\ = 60,562 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{\text{То} \max} \cdot 0,999 = 60,476 \cdot 0,999 = 60,394 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 60,394 - 0,100 = 60,294 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (60,394 + 60,294) = 60,344 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 60,394 - 2 \cdot 1,028 = 58,338 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 58,338 - 0,300 = 58,038 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (58,338 + 58,038) = 58,188 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 58,338 - 2 \cdot 2,850 = 52,638 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 52,638 - 2,800 = 49,838 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{\max} + D_{\min}) = 0,5(52,638 + 49,838) = 51,238 \text{ мм} \gg [19].$$

«Расчет минимального общего припуска:

$$2z_{\min} = D_{4 \min} - D_{0 \max}. \quad (12)$$

$$2z_{\min} = 62,00 - 52,638 = 9,362 \text{ мм} \gg [19].$$

«Расчет максимального общего припуска:

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (13)$$

$$2z_{\max} = 9,362 + 2,8 + 0,03 = 12,192 \text{ мм} \gg [19].$$

«Расчет среднего общего припуска:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\min} + 2z_{\max}). \quad (14)$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (9,362 + 12,192) = 10,777 \text{ мм} \gg [19].$$

«Припуски на все остальные поверхности определяем с применение статистического метода» [17]. Особенностью данного метода является то, что минимальный припуск принимается по статистическим таблицам, что упрощает расчеты. «Результаты определения припусков на обработку

приведены в таблице 3» [10].

Таблица 3 – Припуски на обработку поверхностей

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	1	2,2	3,755
	2	1,0	1,245
	3	0,5	0,599
6	1	1,0	1,32
12	1	2,0	3,205
	2	1,0	1,147
	3	0,4	0,459
19	1	1,8	3,375
	2	0,8	1,045
	3	0,4	0,499
27	1	0,5	0,745
	2	0,15	0,249
	3	0,1	0,15
37	1	0,5	0,745
	2	0,15	0,249
	3	0,1	0,15

«На заключительном этапе проектирования заготовки необходимо определить ее характеристики. Решение этой задачи выполняется с использованием данных» [6].

«В данном случае заготовка имеет следующие параметры: класс точности Т4, группа стали М1, степень сложности С2, исходный индекс для определения начальных допусков И13, наружные уклоны 5°, внутренние уклоны 7°, радиус закруглений 4 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 1,0 мм, concentricность отверстий 1,5 мм, смещение по поверхности разъема штампа не более 0,8 мм» [6]. Полученные параметры используются для проектирования контура заготовки и назначения технических требований.

«Чертеж заготовки, содержащий все необходимые данные, приведен в графической части работы» [10].

2.2 Проектирование плана изготовления детали

«План изготовления является графическим отражением технологии изготовления детали» [12]. «В ходе анализа типа производства выяснено, что технологию изготовления рекомендуется разрабатывать на основе типовых технологических процессов» [14]. 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 [12], [15] путем их модификации согласно требованиям рассматриваемой детали. «Технологический маршрут изготовления детали приведен в таблице 4» [10].

Таблица 4 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Токарная	точение	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 28, 36
010 Токарная	точение	1, 4, 5, 8, 9
015 Сверлильная	сверление	3
020 Сверлильная	сверление	31
025 Токарная	точение	1, 12, 17, 19, 20, 23, 34, 35, 43, 44, 45
030 Протяжная	протягивание	22, 21, 41, 42
035 Фрезерная	фрезерование	6, 7
040 Долбежная	долбление	26, 27, 38
045 Долбежная	долбление	26, 27, 38
050 Термическая	закалка, отпуск	все
055 Шлифовальная	шлифование	1, 23, 43
060 Шлифовальная	шлифование	12, 19
065 Шлифовальная	шлифование	27, 37
070 Шлифовальная	шлифование	27, 37
075 Шлифовальная	шлифование	23, 43
080 Моечная	мойка	все
085 Контрольная	контроль	все

«Далее проектируем план изготовления детали согласно рекомендациям» [16]. 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 «Технологическая документация»» [10].

2.3 Выбор средств технологического оснащения

«Средства технологического оснащения включают в себя оборудование, режущий инструмент, технологическую оснастку и средства контроля» [14]. 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 быстроперенастраиваемым. «Желательно использование универсального

режущего инструмента» [14]. «В обоснованных случаях допускается применение специализированного режущего инструмента» [14].

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 [2], [3], [13], [18], [20], [21], [22], [24]. Выбор средств технологического оснащения приведен в таблице 5» [10].

Таблица 5 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Токарная	«токарный с ЧПУ 16К20Ф3» [2]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80» [21]	«резец контурный специальный, резец расточной ГОСТ 18872–73, резец упорный левый ГОСТ 18879-73» [18]	«штангенциркуль ГОСТ 160–80» [13]
010 Токарная	«токарный с ЧПУ 16К20Ф3» [2]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80» [21]	«резец контурный специальный, резец расточной ГОСТ 18879–73» [18]	«штангенциркуль ГОСТ 160–80» [13]
015 Сверлильная	«вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Н125Ф2» [2]	«оправка цанговая» [22]	«сверло спиральное Ø6,5 ГОСТ 10903–77» [18]	«нутромер ГОСТ 160–80» [13]
020 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н125	«оправка цанговая» [22]	«сверло спиральное Ø5 ГОСТ 10903–77» [18]	«нутромер ГОСТ 160–80» [13]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
025 Токарная	«токарный с ЧПУ 16К20Ф3» [2]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80» [21]	«резец контурный специальный, резец расточной ГОСТ 18872–73, резец расточной канавочный ГОСТ 18872–73» [18]	«штангенциркуль ГОСТ 160–80, нутромер ГОСТ 160–80» [13]
030 Протяжная	«горизонтально-протяжной 7А510» [2]	«опора сферическая» [22]	«протяжка шлицевая ГОСТ 25161–82» [18]	«калибр» [13]
035 Фрезерная	«вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13МФ3-1» [2]	«оправка цанговая» [22]	«фреза концевая Ø10 ГОСТ 17025–71, фреза концевая Ø5 ГОСТ 17025–71» [18]	«калибр» [13]
040 Долбежная	«долбежный 7А412» [2]	«оправка цанговая» [22]	«долбяк прямозубый чашечный тип 3 Ø100 ГОСТ 9323–79 Р6М5» [18]	«калибры» [13]
045 Долбежная	«долбежный 7А412» [2]	«оправка цанговая» [22]	«долбяк прямозубый чашечный тип 3 Ø100 ГОСТ 9323–79 Р6М5» [18]	«калибры» [13]
050 Термическая	печь	–	–	–
055 Шлифовальная	«внутришлиф овальный 3К228Б» [2]	«патрон мембранный ГОСТ 16157–70» [21]	«круг шлифовальный 6–50х13х32 25А80К6V35м/с1А, шлифовальный 1–50х13х4024А60К7 V35м/с1А» [3]	«нутромер НМ-50 ГОСТ 160–80» [13]
060 Шлифовальная	«внутришлиф овальный 3К228Б» [2]	«оправка цанговая» [22]	«круг 6–50х13х32 25А80К6V35м/с1А» [3]	«скоба рычажная ГОСТ 160–80» [13]
065 Шлифовальная	«шлицешлиф овальный 3451» [2]	«оправка цанговая» [22]	«круг 3–300х127х25 23А60М7V35м/с1А» [3]	«калибр» [13]
070 Шлифовальная	«шлицешлиф овальный 3451» [2]	«оправка цанговая» [22]	«круг 3–300х127х25 24А90L6V35м/с1А» [3]	«калибр» [13]

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
075 Шлифовальная	«внутришлиф овалный 3К228Б» [2]	«патрон мембранный ГОСТ 16157–70» [21]	«круг шлифовальный 1–300x127x50 24A20СМ17К» [3]	«калибр» [13]
080 Моечная	«моечная машина» [2]	–	–	–
085 Контрольная	«стол контрольный» [2]	–	–	–

Представленные в таблице 5 средства оснащения технологического процесса заносятся в соответствующую технологическую документацию: план изготовления, технологические наладки, маршрутные карты и операционные карты. 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» [14]. Расчет режимов резания выполняется на основе расчетно-аналитического метода [20] для ответственных операций и опытно-статистического метода [7] для всех остальных. Нормирование операций осуществляется на основе расчетно-аналитического метода [10], [28], в обоснованных случаях допускается применение метода хронометража.

«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» [7].

«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» [7].

«С учетом характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (17)» [7]$$

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

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

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

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

$n_з$ – размер партии деталей, шт» [7].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{шт} = T_o + T_b + T_{обс} + T_{п} \quad (19)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

T_B – вспомогательное время выполнения операции, мин;

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

$T_{\text{п}}$ – время на личные потребности, мин» [10].

«Основное время определяется по формуле:

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

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

S – подача, мм/об» [10].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

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

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [10].

«Результаты расчета режимов резания и нормирования технологических операций представлены в таблице 6» [10].

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	0,6	207	320	102	0,53	1,67
	2	0,3	218	930	91	0,33	
	3	0,1	263	930	8	0,09	
010	1	0,6	216	320	33	0,17	1,78
	2	0,6	216	320	25	0,13	
	3	0,3	176	320	73	0,76	

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
015	1	0,12	24	960	16	0,56	1,2
020	1	0,12	24	960	16	0,14	0,72
025	1	0,3	345	930	20	0,08	1,74
	2	0,2	328	1200	105	0,44	
	3	0,1	316	800	6	0,08	
	4	0,3	357	930	18	0,07	
030	1	0,06	2		103	0,11	0,68
035	1	0,07	10	320	450	4,01	11,18
	2	0,05	6	180	450	6,28	
040	1	0,3	24	80	56	1,15	1,65
045	1	0,15	30	100	56	0,86	1,36
050	1	0,014	30	360	18	0,62	1,6
	2	0,011	40	360	92	1,86	
055	1	0,014	30	360	18	0,62	1,6
	2	0,011	40	360	92	1,86	
060	1	0,014	30	360	16	0,54	1,97
	2	0,014	30	360	23	0,73	
065	1	0,01	40	360	52	0,89	1,74
070	1	0,004	30	360	52	1,53	2,14
075	1	0,005	36	360	92	1,89	2,46

«Представленные в таблице 6 режимы резания и результаты нормирования технологических операций заносятся в технологические наладки, маршрутные карты и операционные карты» [10]. «Более подробно данная технологическая документация приведена в графической части работы, а также в приложении А «Технологическая документация»» [10].

«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» [10]. Как следствие, выполнение данного раздела позволило разработать технологию изготовления детали.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование оправки

В базовом технологическом процессе при выполнении долбежной операции по нарезанию наружных эвольвентных шлиц, представленной на рисунке 2, предлагается использовать цилиндрическую оправку. Такое решение позволяет реализовать теоретическую схему базирования, требуемую на данной операции, но имеет один существенный недостаток. Данное приспособление не оснащено механизированным приводом закрепления, что приводит к увеличению времени на снятие и установку заготовки, а также к отсутствию стабильности сил закрепления.

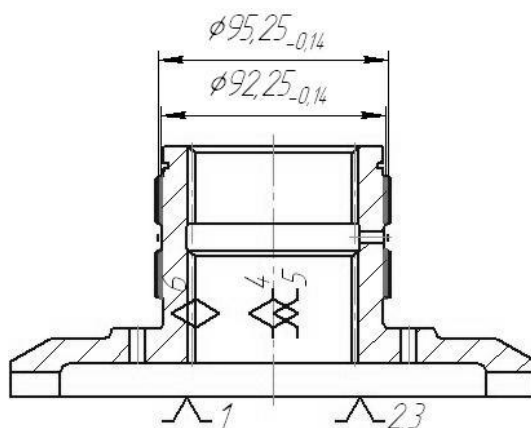


Рисунок 2 – Эскиз долбежной операции

Анализ литературы [23], [30] показал, что для реализации принятой на операции схемы базирования с учетом необходимости механизации процесса закрепления лучше всего подходит цанговый зажимной элемент. «Проектирование приспособления произведем с использованием методики проектирования и данных» [8], [23].

«Составляющие силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (22)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент условий обработки» [19].

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,245^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 30^{-0,15} \cdot 0,9 = 487 \text{ Н.}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,245^{0,9} \cdot 0,15^{0,6} \cdot 30^{-0,3} \cdot 0,9 = 308 \text{ Н.}$$

«Выполнение силового расчета приспособления основано на обеспечении силового баланса сил резания и закрепления. Для этого составим силовую схему приспособления, представленную на рисунке 3» [8].

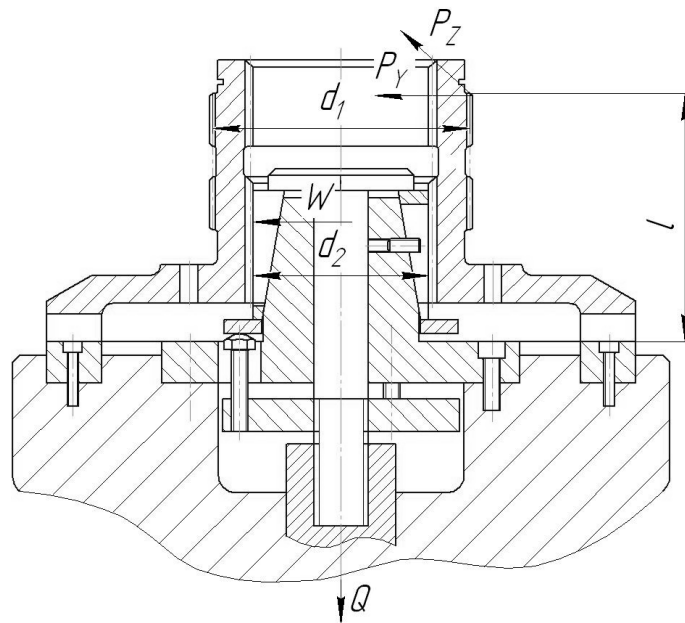


Рисунок 3 – Силовая схема приспособления

«Момент от составляющей силы резания P_z определяется по формуле:

$$M_{P_{P_Z}} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (23)$$

где d_1 – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [8].

«Препятствующий смещению заготовки момент от силы закрепления определяется по формуле:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (24)$$

где W – расчетное усилие зажима, Н;

f – коэффициент;

d_2 – диаметр, за который происходит закрепление, мм» [8].

«Из равенства данных моментов определяем уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{2 \cdot P_Z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (25)$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий условия выполнения операции» [8].

«Коэффициент запаса, учитывающий условия выполнения операции, рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (26)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент увеличения сил резания вследствие износа режущего инструмента;

K_3 – коэффициент прерывистости процесса резания;

K_4 – коэффициент стабильности усилия зажима;

K_5 – коэффициент эргономических показателей привода» [8].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

$$W = \frac{2 \cdot 487 \cdot 955}{0,3 \cdot 62} \cdot 1,8 = 8955 \text{ Н.}$$

«Момент от составляющей силы резания P_Y определяется по формуле:

$$M_{P_{P_Y}} = P_Y \cdot l, \quad (27)$$

где l – плечо приложения силы, мм» [8].

«Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3_{P_Y}} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (28) \gg [8]$$

«Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (29) \gg [8]$$

$$W = \frac{3 \cdot 308 \cdot 91}{2 \cdot 0,3 \cdot 62} \cdot 1,5 = 5697 \text{ Н.}$$

Дальнейшие расчеты ведем по наибольшему из полученных значений сил зажима, то есть 8955 Н.

Механизация процесса закрепления обеспечивается силовым приводом, который должен развивать требуемое усилие закрепления Q равное 8955 Н. «Развитие данного усилия обеспечивается поршнем, диаметр которого рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (30)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в системе, МПа» [23].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 8955}{2,5} + 40^2} = 87 \text{ мм.}$$

«Расчетный диаметр поршня следует округлить до ближайшего большего, составляющего 90 мм» [23]. «Такое решение позволит использовать в конструкции приспособления стандартный силовой привод, что существенно удешевит конструкцию приспособления» [23].

После расчета конструктивных параметров приспособления необходимо определить его точность и выяснить обеспечивает ли спроектированное приспособление требуемую точность установки заготовки на данной операции. «Расчет точности приспособления производится на основе его размерной схемы, приведенной на рисунке 4» [23].

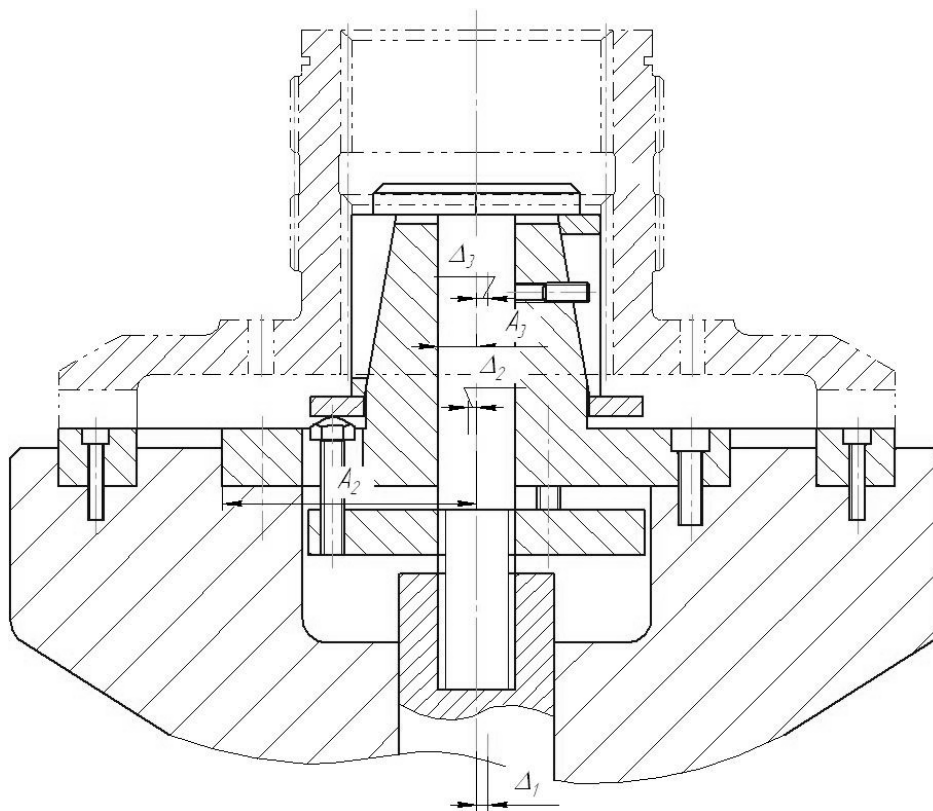


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

«Исходя из схемы, погрешность установки в приспособлении составит:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (31)$$

где Δ_1 – погрешность, возникающая вследствие неперпендикулярности выходного конца привода, мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм» [23].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,05^2 + 0,028^2 + 0,106^2} = 0,038 \text{ мм.}$$

«Требуемая точность установки заготовки на данной операции составляет:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot TD, \quad (32)$$

где TD – точность выполняемого размера, мм» [23].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,14 = 0,042 \text{ мм.}$$

Из расчетов видно, что спроектированное приспособление обеспечивает требуемую точность установки заготовки на данной операции.

Установочным и зажимным элементом приспособления является цанга, которая устанавливается на конус. Деформация цанги осуществляется путем ее надвигания на конус при помощи тяги, получающей движение от гидроцилиндра при помощи штока. Все элементы зажимного механизма смонтированы в корпус.

Закрепление заготовки осуществляется в следующей последовательности. Заготовка устанавливается на цангу. Масло подается в верхнюю полость гидроцилиндра, поршень перемещается вниз тем самым через шток и тягу надвигают цангу на конус, обеспечивая ее деформацию. В результате заготовка центрируется на цанге и закрепляется.

«Раскрепление заготовки осуществляется следующим образом. Масло подается в нижнюю полость гидроцилиндра, система возвращается в исходное положение» [23]. При этом цанга сдвигается с конуса толкателями,

цанга закрывается за счет сил упругости ее лепестков, тем самым освобождая заготовку.

«Спроектированное приспособление представлено на соответствующем чертеже графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [23].

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. Следовательно, необходимо спроектировать токарный резец с усовершенствованной системой крепления режущей пластины, лишенной данных недостатков. Проектирование резца произведем по методике [1], [27].

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

$$F = t \cdot S, \quad (33)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [1].

$$F = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

«По расчетному сечению стружки подбираем конструктивные параметры державки резца: высота 25 мм, ширина 20 мм, длина 125 мм» [1].

«Конструкция системы крепления предусматриваем режущей пластины

через штифт» [1]. Для обеспечения работоспособности данной системы крепления необходимо определить его «минимально допустимый диаметр по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (34)$$

где Q_1 – сила, действующая на штифт, Н;
 σ_d – допустимое напряжение, МПа» [1].

«Сила, действующая на штифт, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (35)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение силы резания, Н» [1].

«Выполним расчеты.

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{\pi \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм} \text{» [1].}$$

Подбираем стандартный штифт ближайшего большего диаметра, который составит 3 мм.

«Спроектированный резец представлен на соответствующем чертеже графической части работы и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [10].

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

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

С целью оценки технологического процесса изготовления кулачковой полумуфты на безопасность и экологичность выполнения рассмотрим его конструктивно-технологические характеристики. Результаты оформим в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Операции и средства технологического оснащения

Операция	Оборудование	Инструменты	Приспособления
токарная	токарный с ЧПУ 16К20Ф3	резец контурный специальный, резец расточной ГОСТ 18872–73, резец упорный левый ГОСТ 18879-73	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80
сверлильная	вертикально-сверлильный с ЧПУ 2Н125Ф2, вертикально-сверлильный 2Н125	сверло спиральное ГОСТ 10903–77	оправка цанговая
протяжная	горизонтально-протяжной 7А510	протяжка шлицевая ГОСТ 25161–82	опора сферическая
фрезерная	вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13МФ3-1	фреза концевая Ø10 ГОСТ 17025–71, фреза концевая Ø5 ГОСТ 17025–71	оправка цанговая
долбежная	долбежный 7А412	долбяк прямозубый чашечный тип 3 Ø100 ГОСТ 9323–79 Р6М5	оправка цанговая
шлифовальная	внутришлифовальный 3К228Б, шлицешлифовальный 3451	круг шлифовальный 6–50x13x32 25А80К6V35м/с1А, шлифовальный 1–50x13x4024А60К7V35м/с1 А, круг 3–300x127x25 23А60М7V35м/с1А	оправка цанговая

В ходе выполнения технологического процесса используются смазочные материалы, обеспечивающие работу оборудования, а также

технологические жидкости для охлаждения зоны резания.

Работники участка механической обработки детали: операторы и наладчики станков с числовым программным управлением, сверловщики, долбежники, протяжчики, шлифовщики.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В соответствии с 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» и с учетом описанных выше конструктивно-технологических характеристик технологического процесса выявляем возникающие профессиональные риски, воздействующие на работников производственного участка [5].

«Опасными и вредными производственными факторами, действующими при выполнении технологического процесса исходя из конструктивно-технологических характеристик технологического процесса будут: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего, движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего, производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека, производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации, монотонность

труда, тяжесть трудового процесса, производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [5].

«В результате действия данных опасных и вредных производственных факторов возможно возникновение следующих опасностей и рисков: груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту, транспортное средство, в том числе погрузчик, подвижные части машин и механизмов, воздействие на кожные покровы смазочных масел, материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру, повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума, воздействие общей вибрации, физические перегрузки, электрический ток» [5].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Анализ показал, что опасные и вредные производственные факторы относятся к группам физического, химического и психофизиологического воздействия, что требует разработки соответствующих методов и средств снижения профессиональных рисков на основании приказа 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»» [5].

«В результате получаем следующие мероприятия по улучшению условий и охраны труда: издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда; устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников; устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов, 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; проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения; внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [5].

В соответствие с применяемым приказом необходимо использовать следующие методы и средства снижения профессиональных рисков: «использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места» [5]; «обеспечение безопасных условий труда» [5]; «соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима» [5]; «применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [5]; «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [5]; «допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [5]; «устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты» [5]; «организация первичного и периодического обучения и инструктаж работников безопасным методам и приемам выполнения работ» [5]; «использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [5]; «применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств

индивидуальной защиты» [5]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [5]; «своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик» [5]; «установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции; проведение инструктажа на рабочем месте» [5]; «соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха» [5]; «организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [5]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [5].

В результате внедрения разработанных мероприятий по улучшению условий и охраны труда, а также применения принятых методов и средств снижения профессиональных рисков на производственном участке по изготовлению детали должны быть обеспечены условия труда наиболее благоприятные для работников участка.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается путем применения соответствующих технических противопожарных средств и разработки противопожарных мероприятий. Выбор технических средств и разработка мероприятий зависят от опасных факторов возможного пожара, которые определяются по классу пожара. В свою очередь класс пожара

определяется веществами и материалами, используемыми в ходе осуществления технологического процесса, а также применяемых средств оснащения на производственном участке. «В данном случае возможные пожары связаны с воспламенением и горением металлов, то есть относятся к классу D» [5].

«Основными опасными факторами данного класса пожаров: 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). Сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара являются: образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей» [5].

«В соответствии с выявленными опасными факторами возможного пожара предлагается применять следующие технические средства пожаротушения: огнетушители ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100; мотопомпа пожарная «Shibauga»; пожарный извещатель ИП-212-141; пожарный щит класса ЩП-А; оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-220»» [5].

Профилактику и предотвращение пожара предлагается осуществлять путем внедрения «следующих мероприятий: инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; инструктаж по пожарной безопасности» [5].

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Экологическая безопасность технологического процесса обеспечивается путем применения соответствующих технических средств и разработки организационных мероприятий. Определение состава технических средств и организационных мероприятий осуществляется исходя из негативных факторов, возникающих в ходе выполнении технологического процесса. Данные факторы определяются веществами и материалами, используемыми в ходе осуществления технологического процесса, а также применяемых средств оснащения на производственном участке. В состав выбросов в гидросферу и литосферу в данном случае входят: «масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [5]. В атмосферу возможно попадание незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли.

«Все возможные мероприятия по обеспечению экологической безопасности принимаем по ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы»» [5].

В 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 применение более современной оснастки и более износостойкого инструмента, что приводит к снижению общей трудоемкости выполнения совершенствованных операций. Также было предложено заменить устаревшее оборудование, на станок с ЧПУ. Используемая оснастка, инструмент и оборудование представлены в предыдущих разделах бакалаврской работы.

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

- сокращение основного времени выполнения операций на 34,5 %;
- сокращение вспомогательного времени на 47,5 %;
- увеличение стойкости применяемого инструмента в 1,5 раза.

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 позволят грамотно рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 5 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [11]

Используя, описанную на рисунке 5, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ($K_{ВВ}$), которая составила 288372,33 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 и его доставку являются самыми существенными, так как их доля составила 43,7% в общем объеме инвестиций.

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

Квв = 288372,33 руб.

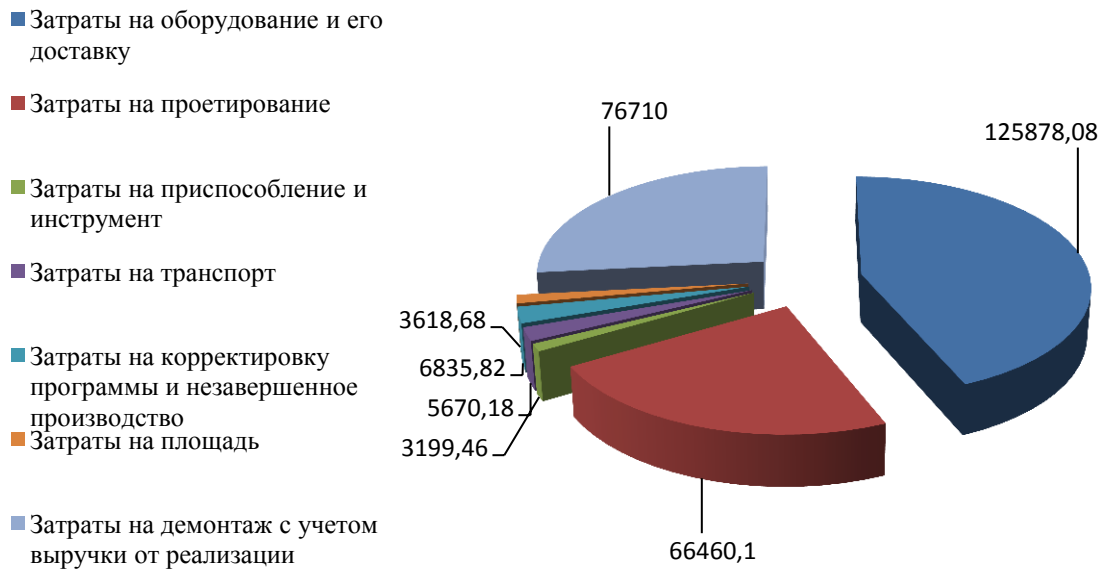


Рисунок 6 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

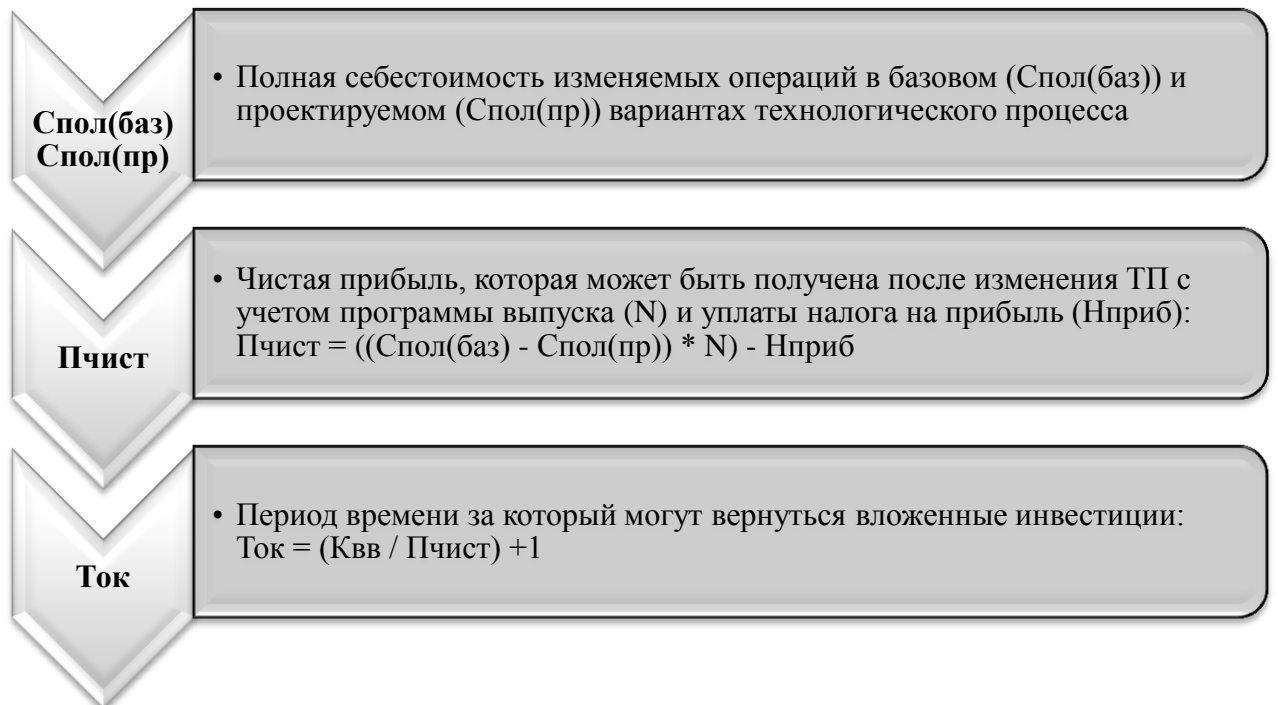


Рисунок 7 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

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.

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. Другими словами, срок окупаемости должен быть меньше, либо равен четырем годам.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($\mathcal{E}_{\text{ИИТ}}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволяют 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.

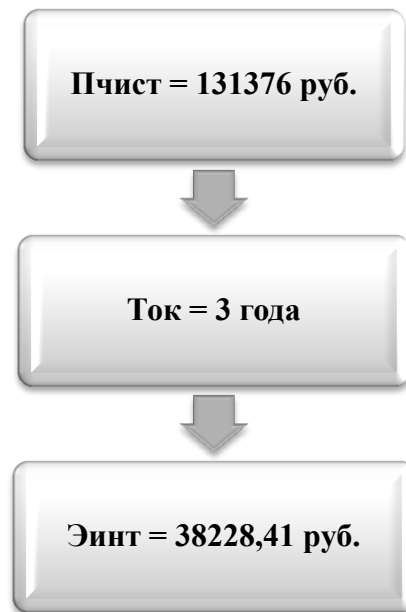


Рисунок 8 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{ЧИСТ}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ОК}}$) и экономического эффекта ($\mathcal{E}_{\text{ИНТ}}$)

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

В данном разделе выпускной квалификационной работы 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» [10]. «В результате сформулированы задачи работы, решение которых позволило достичь следующих результатов» [10].

Во-первых, решены такие вопросы как «выбор и проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [10]. «Это позволило разработать технологию изготовления на основе типового технологического процесса» [10].

Во-вторых, решены вопросы проектирования специальных средств оснащения, таких как цанговая оправка для долбежной операции и контурный токарный резец для токарной черновой операции. В результате был решен ряд технических проблем типового технологического процесса, что позволило повысить его эффективность.

В-третьих, «проведен анализ безопасности и экологичности технического объекта» [10], по результатам которого разработан комплекс мероприятий, направленных на устранение выявленных в ходе данного анализа недостатков.

В-четвертых, 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 кулачковой полумуфты, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления» [10]. При этом затраты на изготовление с учетом серийности производства также минимальны.

Список используемых источников

1. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов: монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 152 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 18.04.2023).
2. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения: учебник / О.М. Балла. – Санкт–Петербург: Лань, 2020. – 392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 02.04.2023).
3. 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: 28.03.2023).
4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства: учебно–методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 21.03.2023).
5. 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.
6. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки: учебное пособие / С. В. Грубый. – Москва; Вологда : Инфра – Инженерия, 2021. – 200 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833110> (дата обращения: 18.03.2023).

8. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт –Петербург: Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 11.04.2023).

9. 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: 29.03.2023).

10. 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: 10.03.2023).

11. 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: 11.05.2023).

12. 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: 12.04.2023).

13. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.]; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. – 4 –е изд., стер. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 356 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 08.04.2023).

14. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3 –е изд., доп. – Москва : ИНФРА –М, 2022. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 29.03.2023).

15. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт–Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 12.04.2023).

16. 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: 21.04.2023).

17. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2 –е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

18. Справочник конструктора –инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2006. – 541 с.

19. 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.

20. 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.

21. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 592 с.

22. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 655 с.

23. Тарабарин О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. – 2 –е изд., испр. и доп. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 304 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 18.03.2023).

24. 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: 26.03.2023).

25. Химический состав и физико –механические свойства стали 30ХГНМ [Электронный ресурс]. – URL: https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/30XGNM (дата обращения: 11.03.2023).

26. Ertürk S., Kayabaşı O. Investigation of the cutting performance of cutting tools coated with the thermo-reactive diffusion (trd) technique. / IEEE Access. 2019. Т. 7. P. 106824 – 106838.

27. Integrated processing of ferriferous materials in blank production for mechanical engineering facilities. Predein V., Popov A., Komarov O., Zhilin S. // E3S WEB OF CONFERENCES. VIII International Scientific Conference “Problems of Complex Development of Georesources” (PCDG 2020). – 2020. С. 02009.

28. Kumar A. Processing techniques to develop metallic materials with superior mechanical properties / Arun Kumar, Pillai U.T.S., Srinivasan A. // Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2019. Т. 72. № 10. P. 2877 – 2891.

29. Nageswaran T.A. Investigation of a modified cutting insert using lubricating cooling liquid for machining of structural steels / T. A. Nageswaran, T. Bena, A. Wretlandb. // Elsevier. – 2016. V.42. P. 481-486.

30. Shao Yulu, Kang Yanzi. Analysis of the relationship between machining process and machining accuracy [J/OL]. / China Equipment Engineering: 1[2018-05-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4623.N.20170516.2224.010.html>.

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Т 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10;															
Т 20	392190 Резец контурный специальный Т5К10; 392190 Резец упорный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311															
Т 21	Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89.															
22																
А 23	XX XX XX 015 4120 Сверлильная															
Б 24	381210 Вертикально-сверлильный 2Н125Ф2,3					17335	312	1Р	1	1	1	900	1			12
О 25	Сверлить поверхность 3 в размер $\phi 6,5^{+0,15}$															
Т 26	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло $\phi 6,5$ ГОСТ 10903-77 Р6М5; 393450 Нутромер НМ-25 ГОСТ 10-88.															
27																
А 28	XX XX XX 020 4120 Сверлильная															
Б 29	381210 Вертикально-сверлильный 2Н125Ф3					17335	312	1Р	1	1	1	900	1			0,72
О 30	Сверлить поверхность 31 в размер $\phi 5^{+0,12}$ $38,2^{+0,25}$															
Т 31	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло $\phi 5$ ГОСТ 10903-77 Р6М5; 393450 Нутромер НМ-25 ГОСТ 10-88.															
32																
А 33	XX XX XX 025 4110 Токарная															
Б 34	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	422	1Р	1	1	900	1			1,74
О 35	Точить поверхности: Установ А 12, 17, 19, 20, 23, 34, 35, 43, 44, 45 в размер $\phi 86,5^{+0,14}$ $\phi 71^{+0,12}$															
О 36	$\phi 60,294^{+0,12}$ $104,9^{+0,14}$ $96,5^{+0,35}$ $2^{+0,40}$ $73^{+0,12}$ $72^{+0,12}$ $28,5^{+0,084}$ Установ Б 1 в размер $103,9^{+0,14}$															
Т 37	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190															
Т 38	Резец контурный специальный Т30К4; 392190 Резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10;															
Т 39	393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-50 ГОСТ 10-88.															
40																
А 41	XX XX XX 030 4180 Протяжная															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Б 42	381756	Горизонтально-прояжной 7А510 3 16458 312 1Р					1	1	1	1	900	1				0,68
О 43	Протянуть поверхности 21, 22, 41, 42 в размер 72 ^{+0,12} , 8 ^{+0,046}															
Т 44	396190 Опора сферическая; 392341 Протяжка шлицевая ГОСТ 25161-82 Р18; 393400 Калибры.															
45																
А 46	XX XX XX	035	4262	Фрезерная												
Б 47	381631	Фрезерный 6Р13МФЗ-1 3 18632 312 1Р					1	1	1	900	1				11,18	
О 48	Фрезеровать поверхности 6, 7 в размер 93,4 ^{+0,14} , 1,15 ^{+0,046} R0,4, 60°±15'															
Т 49	396190 Оправка цанговая; 391820 Фреза концевая φ10 ГОСТ17025-71 Р6М5; 391820 Фреза концевая φ5 ГОСТ17025-71 Р6М5; 393400 Калибр.															
Т 50																
51																
А 52	XX XX XX	040	4175	Долбежная.												
Б 53	381718	Долбежный 7А412 3 17960 422 1Р					1	1	1	900	1				1,65	
О 54	Долбить шлицы 26, 27, 37, 38 в размер 10 степени точности.															
Т 55	396110 Патрон цанговый; 392413 Долбяк чашечный φ100 ГОСТ9323-79 Р6М5; 393400 Калибр.															
56																
А 57	XX XX XX	045	4175	Долбежная.												
Б 58	381718	Долбежный 7А412 3 17960 422 1Р					1	1	1	900	1				1,36	
О 59	Долбить шлицы 26, 27, 37, 38 в размер 8 степени точности.															
Т 60	396110 Патрон цанговый; 392413 Долбяк чашечный φ100 ГОСТ9323-79 Р6М5; 393400 Калибр.															
61																
А 62	XX XX XX	050	Термическая													
63																
А 64	XX XX XX	055	4132	Шлифовальная												
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
Б 65	381312	Внутришлифовальный ЗК228Б	3	18873	312 1Р	1	1	1	900	1						3,18
О 66	Шлифовать поверхности 1, 23, 43 в размер $\phi 61,556^{+0,046}$					1034	$^{-0,057}$									
Т 67	396190 Патрон мембранный с роликами; 39810Круг шлифовальный; 393450Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88.															
68																
А 69	XX XX XX	060	4132	Шлифовальная												
Б 70	381312	Внутришлифовальный ЗК228Б	3	18873	312 1Р	1	1	1	900	1						1,97
О 71	Шлифовать поверхности 12, 19 в размер $28^{+0,03}$					103	$^{+0,057}$									
Т 72	396190 Оправка цанговая; 39810Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
73																
А 74	XX XX XX	065	4130	Шлифовальная												
Б 75	381310	Шлицешлифовальный 3451	3	18873	312 1Р	1	1	1	900	1						1,74
О 76	Шлифовать поверхности 37, 27 в размер 8 степени точности.															
Т 77	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393400 Калибр.															
78																
А 79	XX XX XX	070	4130	Шлифовальная												
Б 80	381310	Шлицешлифовальный 3451В	3	18873	312 1Р	1	1	1	900	1						2,14
О 81	Шлифовать поверхности 37, 27 в размер 6 степени точности.															
Т 82	396190 Оправка цанговая; 39810 Круг шлифовальный; 393400 Калибр.															
83																
А 84	XX XX XX	075	4132	Шлифовальная												
Б 85	381312	Внутришлифовальный ЗК228Б	3	18873	312 1Р	1	1	1	900	1						2,46
О 86	Шлифовать поверхности 23, 43 в размер $\phi 62^{+0,019}$															
Т 87	396190 Патрон мембранный с роликами; 39810Круг шлифовальный; 393400 Калибр.															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпрз	Тшт
А 88	XX	XX	XX	080	Мечная.										
89															
А 90	XX	XX	XX	085	Контрольная.										
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Федотов			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Полумуфта						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Токарная		Сталь 30ХГНМ ГОСТ 4543-71			НВ 180	166	64	№220,7x108,6			96	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тпа	тип	слож				
16К20Ф3					0,95			167	Украина-1				
		пи	о или в	L	t	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку												
T _{за}	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10;												
T _{об}	392190 Резец контурный специальный Т5К10; 392190 Резец упорный ГОСТ 18879-73 Т5К10.												
02	2. Точить поверхности 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 28, 36 выдерживая размеры согласно эскиза.												
P _{за}		1				0,6		0,6	320	207			
P _{об}		2				0,3		0,3	960	218			
P _{от}		3				0,1		0,1	960	263			
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Федотов			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Полумуфта						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Долбежный		Сталь 30ХГНМ ГОСТ 4543-71		НВ 180	166	64	φ220,7x108,6			9,6	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тпа	тип	слож					
7A412				0,86			1,36	Укринал-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	п	v				
01	1. Установить заготовку												
T 02	396110 Патрон цанговый: 392413 Долбяк чашечный φ100 ГОСТ9323-79 Р6М5: 393400 Калибр.												
0 03	2. Долбить шлицы поверхности 26, 27, 37, 38 выдерживая размеры согласно эскиза.												
P 04		1			1,245		0,15	100	30				
P 05													
T 06	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
07													
08													
09													
10													

