

Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы «Технологический процесс изготовления полумуфты».

«Целью работы является разработка такого технологического процесса изготовления полумуфты, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления» [2]. 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» [2].

«Первый раздел работы содержит анализ имеющихся данных, таких как служебное назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства» [2].» В результате формулируются задачи работы» [2]. «Второй раздел работы содержит выбор и проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [2]. В результате выполнения данного раздела разрабатывается технологическая часть работы. Третий раздел работы содержит решение вопросов проектирования специальных средств оснащения, таких как цанговый патрон и сверло. 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
1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали	5
1.2 Анализ технологичности детали.....	6
1.3 Анализ характеристик типа производства.....	9
1.4 Формулировка задач работы	11
2 Разработка технологической части	12
2.1 Выбор и проектирование заготовки	12
2.2 Проектирование плана изготовления детали	21
2.3 Выбор средств технологического оснащения	22
2.4 Расчет режимов резания и нормирование	26
3 Проектирование специальных средств оснащения	29
3.1 Проектирование цангового патрона.....	29
3.2 Проектирование сверла.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта	36
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	36
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	42
5 Экономическая эффективность работы	44
Заключение	49
Список используемой литературы и используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	53
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	63

Введение

В случае необходимости возможностей различных типов муфт в машинах и механизмах применяются комбинированные муфты. Данное техническое решение выполняется в виде объединения в единый узел двух различных типов муфт, что позволяет сократить габариты, материалоемкость и трудоёмкость изготовления муфты. 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. Одним из вариантов комбинации является зубчато-дисковая муфта. 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 полумуфты, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления» [2]. 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 комбинированная полумуфта служит для соединения валов привода и исполнительного механизма без их полной остановки. Полумуфта данной конструкции передает значительный крутящий момент между валами и компенсирует значительные значения установки по всем видам несоосности.

Передача момента осуществляется посредством боковых поверхностей внутренних зубьев, входящих в зацепление с зубьями ответной части полумуфты и боковых поверхностей наружных пазов, в которые устанавливаются фрикционные диски, выполняющие предохранительные функции. Полумуфта устанавливается в корпус на подшипник, что обеспечивает необходимое центрирование и возможность плавного соединения полумуфты с ответной частью без остановки работы механизма.

Рабочие нагрузки полумуфты могут быть значительными по величине, но не должны превышать расчетных значений, так как это приведет к срабатыванию предохранительного механизма и возможному повреждению дисков 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 корпусе, что снижает воздействие внешних факторов. Однако, полностью нельзя исключить 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 [2].

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 внутреннего зубчатого венца, имеющего профиль эвольвенты и поверхности наружных пазов, 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» [2]

Вид поверхности	Номер поверхности
«Основные конструкторские базы» [2]	1, 7
«Вспомогательные конструкторские базы» [2]	12, 14, 17, 18, 20
«Исполнительные поверхности» [2]	12, 27
«Свободные поверхности» [2]	все оставшиеся

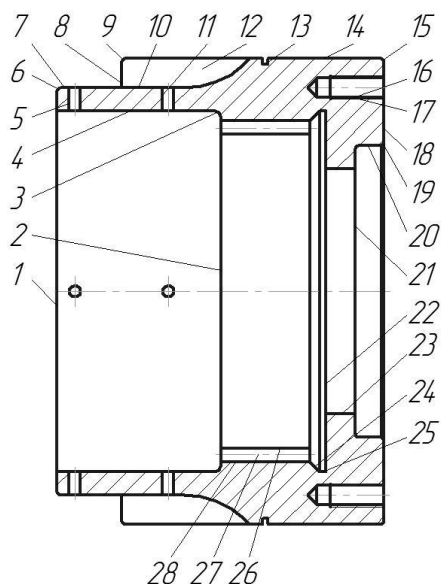


Рисунок 1 – Эскиз детали

Проанализируем полученные результаты. Общее количество поверхностей достаточно большое. «При этом количество ответственных поверхностей, таких как основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы и исполнительные поверхности относительно незначительное» [2]. 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 40Х ГОСТ 4543-71 имеет следующие характеристики. Химический состав: углерод от 0,36% до 0,44%, хром от 0,8% до 1,1%, марганец от 0,5% до 0,8%, никель до 0,3%, примеси серы и фосфора не более 0,035%, примесь меди не более 0,3%» [23]. «Механические свойства: предел текучести 490 МПа, предел прочности при растяжении 655 МПа, относительное удлинение 15%, относительное сужение 45%, твердость в состоянии поставки по шкале

Бринелля от 212 до 248 единиц» [23].

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 1,2, быстрорежущей сталью 0,95.

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» [7], 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» [7]. В случае отсутствия таких данных используется упрощенная методика подразумевающая знание массы изготавливаемой детали годовой программы ее выпуска [7]. Масса детали определяется путем ее геометрического моделирования, результаты которого приведены на рисунке 2. В данном случае по результатам моделирования масса составляет 7,34 кг. «Годовая программа выпуска составляет 6000 штук. При имеющихся данных тип производства соответствует среднесерийному» [7].



Рисунок 2 – Модель полумуфты

«Проведем анализ характеристик данного типа производства, определенных по данным» [7].

В данном типе производства наиболее эффективна «не поточная форма организации технологического процесса с запуском деталей в производство периодически повторяющимися партиями» [7]. 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» [7]. 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. 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 режущего специального инструмента» [7].

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 режущего специального.

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» [2]

«Необходимо решить такие задачи как выбор и проектирование заготовки, проектирование плана изготовления детали, выбор средств технологического оснащения, расчет режимов резания и нормирование технологических операций» [2]. «Затем, необходимо решить задачи проектирования специальных средств оснащения» [2] для операций, требующих технического совершенствования. Далее, необходимо провести анализ безопасности технического объекта, устранить выявленные в ходе данного анализа недостатки. В заключении, 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» [2].

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» [8]. 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 горячештамповочном прессе и штамповка на горизонтально-ковочной машине» [8].

«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» [8].

«Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

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

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_{II} – коэффициент программы выпуска» [8].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе, 2 для заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [8].

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

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

«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» [8].

$$Q_1 = 7,34 \cdot 1,7 = 12,28 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 7,34 \cdot 1,6 = 11,74 \text{ кг.}$$

«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» [8].

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

«Рассчитываем общие затраты по формуле (1).

$$C_{T1} = 23,49 \cdot 12,28 + 4,6 \cdot (12,28 - 7,34) - 1,4 \cdot (12,28 - 7,34) = 304,27 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 24,67 \cdot 11,74 + 4,6 \cdot (11,74 - 7,34) - 1,4 \cdot (11,74 - 7,34) = 305,71 \text{ р.} \text{ [8].}$$

«Метод получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе имеет лучшие экономические показатели, поэтому выбираем его для дальнейшего проектирования» [8].

Согласно общепринятой методике проектирования заготовок 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» [13]. «Выбор в пользу одного из них делается на основе данных по суммарным удельным затратам по каждому из сравниваемых вариантов» [13], [16]. Следует обеспечивать минимум данных затрат. «Результаты проектирования маршрутов обработки поверхностей приведены ниже в таблице 2» [16].

Таблица 2 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	12	2,5	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, переход черного шлифования» [13]
2	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]
3	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]
4	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]
5	12	12,5	«черновой переход сверления и переход термической обработки» [13]
6	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]

Продолжение таблицы 2

Поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
7	8	1,25	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, переход черного и чистового шлифования» [13]
8	12	12,5	«черновой переход точения, переход термической обработки» [13]
9	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]
10	12	12,5	«черновой переход фрезерования и переход термической обработки» [13]
11	12	12,5	«черновой переход сверления и переход термической обработки» [13]
12	12	12,5	«черновой переход фрезерования и переход термической обработки» [13]
13	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]
14	9	0,32	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, переход черного и чистового шлифования, переход полирования» [13]
15	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]
16	12	12,5	«черновой переход сверления и переход термической обработки» [13]
17	10	6,3	«переход резьбонарезания и переход термической обработки» [13]
18	12	2,5	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, переход черного шлифования» [13]
19	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]
20	7	0,32	«черновой и чистовой переходы точения, переход термической обработки, переход черного и чистового шлифования, переход хонингования» [13]
21	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]
22	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]
23	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]
24	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]
25	12	12,5	«чистовой переход точения и переход термической обработки» [13]
26	12	12,5	«черновой переход точения и переход термической обработки» [13]

Продолжение таблицы 2

Поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
27	9	2,5	«переход зубонарезания и переход термической обработки» [13]
28	12	12,5	«переход зубонарезания и переход термической обработки» [13]

«Имея данные по маршрутам обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку» [7]. 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 является поверхность диаметром $100H7(^{+0,035})$ мм. Проводим расчет припуска для данных поверхностей с применением расчетно-аналитической методики» [17].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [17].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (6)$$

где Rz – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [17].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (7)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,800^2 + 0,025^2} = 1,1 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,088^2 + 0,025^2} = 0,291 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{то} + \sqrt{\Delta_{то}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,045^2 + 0,020^2} = 0,394 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,010^2 + 0,020^2} = 0,112 \text{ мм} \text{» [17].}$$

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где TD_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

TD_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм.

$$z_{1 max} = z_{1 min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 1,1 + 0,5(3,2 + 0,35) = 2,875 \text{ мм.}$$

$$z_{2 max} = z_{2 min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,291 + 0,5 \cdot (0,35 + 0,14) = 0,536 \text{ мм.}$$

$$z_{3 max} = z_{3 min} + 0,5 \cdot (TD_{то} + TD_3) = 0,394 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,054) = 0,511 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,112 + 0,5 \cdot (0,054 + 0,035) = 0,157 \text{ мм} \text{ [17].}$$

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

$$z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (2,875 + 1,1) = 1,988 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,536 + 0,291) = 0,414 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,511 + 0,394) = 0,453 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,157 + 0,112) = 0,135 \text{ мм} \text{ [17].}$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = d_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10) \text{ [17]}$$

«Для перехода, предшествующего термическому переходу минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(то-1)\max} = D_{(i-1)\max} \cdot 0,999. \quad (11) \text{ [17]}$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{(i-1)\max} + TD_{i-1}. \quad (12) \text{ [17]}$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (13) \text{ [17]}$$

«Выполняем расчеты.

$$D_{4 \max} = 100,035 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \min} = 100,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5(D_{4 \max} + D_{4 \min}) = 0,5(100,035 + 100,000) = 100,018 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \max} = D_{4 \max} - 2 \cdot z_{4 \min} = 100,035 - 2 \cdot 0,112 = 99,811 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = D_{3 \max} - TD_3 = 99,811 - 0,054 = 99,757 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5 \cdot (99,811 + 99,757) = 99,784 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ТО} \max} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 99,811 - 2 \cdot 0,394 = 99,023 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ТО} \min} = D_{\text{ТО} \max} - TD_3 = 99,023 - 0,18 = 98,843 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{ТО} \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{\text{ТО} \max} + D_{\text{ТО} \min}) = 0,5(99,023 + 98,843) = 98,876 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{\text{ТО} \max} \cdot 0,999 = 98,843 \cdot 0,999 = 98,729 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 98,729 - 0,14 = 98,589 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (98,729 + 98,589) = 98,438 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 98,729 - 2 \cdot 0,291 = 98,147 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 98,147 - 0,35 = 97,797 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (98,147 + 97,797) = 97,972 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 98,147 - 2 \cdot 0,291 = 95,947 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 95,947 - 3,2 = 92,747 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (95,947 + 92,747) = 94,347 \text{ мм} \gg$$

[17].

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\min} = D_{4 \max} - D_{0 \min}. \quad (14) \gg [17]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (15) \gg [17]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\min} + 2z_{\max}). \quad (16) \gg [17]$$

$$2z_{min} = 100,035 - 92,747 = 7,288 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 7,288 + 3,2 + 0,035 = 10,523 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (7,288 + 10,523) = 8,906 \text{ мм} \text{ [17].}$$

«Припуски на все остальные поверхности определяем с применение статистического метода» [15]. «Особенностью данного метода является то, что минимальный припуск принимается по статистическим таблицам, что упрощает расчеты. Результаты определения припусков на обработку приведены в таблице 3» [15].

Таблица 3 – Припуски на обработку поверхностей

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	1	2,2	3,775
	2	1,0	1,245
	3	0,5	0,64
2	1	2,0	3,4
4	1	1,1	2,7
7	1	1,4	3,0
	2	0,15	0,43
	3	0,08	0,192
	4	0,03	0,093
14	1	1,4	3,2
	2	0,15	0,43
	3	0,08	0,21
	4	0,03	0,13
18	1	2,2	3,775
	2	1,0	1,245
	3	0,5	0,64
21	1	1,9	3,175
22	1	2,0	3,355
23	1	1,0	2,425
26	1	1,1	2,525

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

«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 2 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм, concentricность отверстий 1,5 мм, смещение по поверхности разъема штампа не более 1,0 мм» [4]. Полученные параметры используются для проектирования контура заготовки и назначения технических требований.

2.2 Проектирование плана изготовления детали

«План изготовления является графическим отражением технологии изготовления детали. В ходе анализа типа производства выяснено, что технологию изготовления рекомендуется разрабатывать на основе типовых технологических процессов» [9]. 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 [9] путем их модификации согласно требованиям рассматриваемой детали. «Технологический маршрут изготовления детали приведен в таблице 4» [9].

Таблица 4 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Токарная	точение	1, 2, 3, 4, 7, 8, 22, 26
010 Токарная	точение	14, 18, 20, 21, 23
015 Токарная	точение	1, 6, 7, 9, 13, 22, 24
020 Токарная	точение	14, 18, 20
025 Фрезерная	фрезерование	10, 12
030 Сверлильная	сверление	5, 11
035 Сверлильная	сверление, резьбонарезание	16, 17
040 Зубодолбежная	зубонарезание	27, 28
045 Термическая	закалка, отпуск	все
050 Плоскошлифовальная	шлифование	1, 18
055 Круглошлифовальная	шлифование	7

Продолжение таблицы 4

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
060 Круглошлифовальная	шлифование	14
065 Внутришлифовальная	шлифование	20
070 Круглошлифовальная	шлифование	7
075 Круглошлифовальная	шлифование	14
080 Внутришлифовальная	шлифование	20
085 Полировальная	полирование	14
090 Хонинговальная	хонингование	20
095 Моечная	мойка	все
100 Контрольная	контроль	все

«Далее проектируем план изготовления детали согласно рекомендациям» [14]. 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»» [7].

2.3 Выбор средств технологического оснащения

«Средства технологического оснащения включают в себя оборудование, режущий инструмент, технологическую оснастку и средства контроля» [7]. 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.

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], [6], [18], [19], [20], [22]. Выбор средств технологического оснащения приведен в таблице 5» [7].

Таблица 5 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
005 Токарная	«токарный с ЧПУ JET KDCK-25H CNC» [22]	«патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80» [19]	«резец расточной ГОСТ 18879-73, резец контурный ГОСТ 18879-73» [6]	«нутромер ГОСТ 10-88, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
010 Токарная	«токарный с ЧПУ JET KDCK-25H CNC» [22]	«патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80» [19]	«резец расточной ГОСТ 18879-73, резец контурный ГОСТ 18879-73» [6]	«нутромер ГОСТ 10-88, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
015 Токарная	«токарный с ЧПУ JET KDCK-25H CNC» [22]	«патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80» [19]	«резец контурный Т15К6 ГОСТ 18879-73, резец канавочный Т5К10 ГОСТ 18879-73, резец расточной канавочный Т5К10 ГОСТ 18879-73» [6]	«нутромер ГОСТ 10-88, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
020 Токарная	«токарный с ЧПУ JET KDCK-25H CNC» [22]	«патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80» [19]	«резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73, резец контурный ГОСТ 18879-73» [6]	«нутромер ГОСТ 10-88, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
025 Фрезерная	«горизонтально-фрезерный 6P82Г» [22]	«универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ8615-89» [19]	«фреза дисковая трехсторонняя Ø100 ГОСТ5348-69» [6]	«калибр, штангенциркуль ГОСТ 166-89» [1]
030 Сверлильная	«вертикально-сверлильный с ЧПУ JET GHD-50PFCTCT» [22]	«универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ8615-89» [19]	сверло Ø4 ГОСТ10902-77	калибр резьбовой
035 Сверлильная	«вертикально-сверлильный с ЧПУ JET GHD-50PFCTCT» [22]	цанговая оправка специальная	«сверло Ø6,7 специальное, метчик М8 ГОСТ3266-81» [6]	калибр резьбовой
040 Зубодолбежная	зубодолбежный 5122	кулачковая оправка	«долбяк чашечный Ø80 ГОСТ9323-79» [6]	«калибры» [1]
045 Термическая	–	–	–	–

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Контрольные средства
050 Плоскошлифовальная	«плоскошлифовальный 3Б722» [22]	«плита магнитная ГОСТ 16528-87» [19]	«круг шлифовальный 1 – 500х40х127 23А46К5V» [6]	«скоба индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75» [1]
055 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М51Е» [22]	«оправка кулачковая» [19]	«круг шлифовальный 3– 400х50х150 23А60К6V5 35м/с1А» [6]	«скоба индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75» [1]
060 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М51Е» [22]	«патрон цанговый ГОСТ 2877-80» [19]	«круг шлифовальный 3– 400х50х150 23А60К6V5 35м/с1А» [6]	«скоба индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75» [1]
065 Внутришлифовальная	«внутришлифовальный 3К228В» [22]	«патрон цанговый ГОСТ 2877-80» [19]	«круг шлифовальный 1– 25х40х13 23А60К5V40м/с1А» [6]	«нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88» [1]
070 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М51Е» [22]	«оправка кулачковая» [19]	«круг шлифовальный 3– 400х50х150 23А40М6V5 35м/с1А» [6]	«скоба индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75» [1]
075 Круглошлифовальная	«круглошлифовальный 3М51Е» [22]	«патрон цанговый ГОСТ 2877-80» [19]	«круг шлифовальный 3– 400х50х150 23А40М6V5 35м/с1А» [6]	«скоба индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75» [1]
080 Внутришлифовальная	«внутришлифовальный 3К228В» [22]	«патрон цанговый ГОСТ 2877-80» [19]	«круг шлифовальный 1– 25х40х13 24А40К5V40м/с1А» [6]	«нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88» [1]
085 Полировальная	полировально-шлифовальный 3Б853	«патрон цанговый ГОСТ 2877-80» [19]	лента полировальная 14А25–НМР	«скоба индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75» [1]
090 Хонинговальная	хонинговальный 3К833	«цанговая оправка специальная» [19]	хон 23А80N	«нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88» [1]
095 Моечная	«моечная машина» [22]	–	–	–
100 Контрольная	«контрольный стол» [22]	–	–	–

«Представленные в таблице 5 средства оснащения технологического процесса заносятся в соответствующую технологическую документацию: план изготовления, технологические наладки, маршрутные карты и операционные карты» [7]. 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» [7]. Расчет режимов резания выполняется на основе расчетно-аналитического метода [18] для ответственных операций и опытно-статистического метода [5] для всех остальных. Нормирование операций осуществляется на основе расчетно-аналитического метода [11], в обоснованных случаях допускается применение метода хронометража.

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (17)$$

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» [5].

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (18)$$

где d – диаметр обработки, мм» [5].

«С учетом характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (19)» [5]$$

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

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (20)$$

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

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

n_3 – размер партии деталей, шт» [11].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (21)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время выполнения операции, мин;

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

$T_{\text{п}}$ – время на личные потребности, мин» [11].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (22)$$

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

S – подача, мм/об» [11].

«Результаты расчетов 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	0,9	126	250	46	0,26	0,97
	2	0,84	124	320	106	0,51	
010	1	0,84	126	250	306	1,86	2,53
	2	0,84	101	320	34	0,16	
015	1	0,32	140	320	36	0,37	0,74
	2	0,32	126	250	8	0,11	
	3	0,56	98	250	14	0,11	
020	1	0,32	125	320	76	0,81	1,15
	2	0,32	151	480	16	0,11	
025	1	0,02	38	120	280	14,6	18,25
030	1	0,06	14	1100	104	1,58	1,98
035	1	0,05	12	1100	156	3,06	6,39
	2	1,0	3	120	246	2,05	
040	1	0,2	22	–	36	1,89	2,46
050	1	0,015	10	–	350	3,94	4,93
055	1	0,020	25	360	24	1,27	1,59
060	1	0,020	25	360	42	2,22	2,78
065	1	0,014	30	360	10	0,62	0,78
070	1	0,003	35	360	24	1,77	2,22
075	1	0,003	35	360	42	3,12	3,9
080	1	0,010	35	360	10	0,86	1,08
085	1	–	60	100	42	2,17	2,71
090	1	4	30	–	10	0,51	0,64

«Представленные в таблице 6 результаты заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А «Технологическая документация»» [7].

«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» [7].

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование цангового патрона

В базовом технологическом процессе при выполнении сверлильной операции по нарезанию резьбовых отверстий, представленной на рисунке 3, предлагается использовать приспособление, спроектированное на основе универсально-сборочного комплекта. 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.

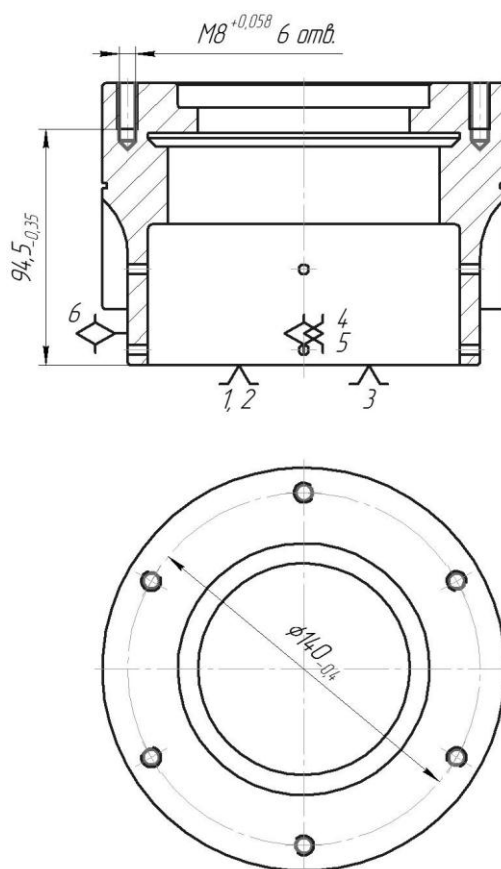


Рисунок 3 – Эскиз операции

Анализ литературы [12] 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 [21].

«Крутящий момент при сверлении определяется по формуле:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (23)$$

где C_m , q , y , K_p – поправочные коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают условия проведения операции;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

S – продольная подача, мм/об» [17].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 3,36^{2,0} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 0,94 = 59 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

«Осевая сила определяется по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (24)$$

где C_p – поправочный коэффициент, который учитывает условия проведения операции» [17].

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 3,36^0 \cdot 0,05^{0,7} \cdot 1,07 = 614 \text{ Н}.$$

«Определение момента силы закрепления производится по формуле:

$$M_3 = 2 \cdot W \cdot f \cdot d_3, \quad (25)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей закрепления;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [17].

«Из условия равновесия системы следует:

$$W = \frac{M_{кр}}{2 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (26)$$

где K – коэффициент запаса» [21].

$$W = \frac{59}{2 \cdot 0,16 \cdot 140} \cdot 2,48 = 4 \text{ Н.}$$

«В осевом направлении заготовку в процессе обработки удерживает сила трения, которая определяется по формуле:

$$F_{тр} = 8 \cdot W \cdot f. \quad (27)» [21]$$

«Из условия равновесия системы следует:

$$W = \frac{P_0}{8 \cdot f} \cdot K, \quad (28)$$

где K – коэффициент запаса» [21].

$$W = \frac{614}{8 \cdot 0,16} \cdot 2,5 = 1200 \text{ Н.}$$

Механизация процесса закрепления обеспечивается силовым приводом, который должен развивать требуемое усилие закрепления Q равное 1200 Н. «Развитие данного усилия обеспечивается поршнем, диаметр которого рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (29)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление воздуха в системе, МПа» [21].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 1200}{0,4} + 25^2} = 67 \text{ мм.}$$

«Расчетный диаметр поршня следует округлить до ближайшего большего, составляющего 80 мм» [21]. «Такое решение позволит

использовать в конструкции приспособления стандартный силовой привод, что существенно удешевит конструкцию приспособления» [21].

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.

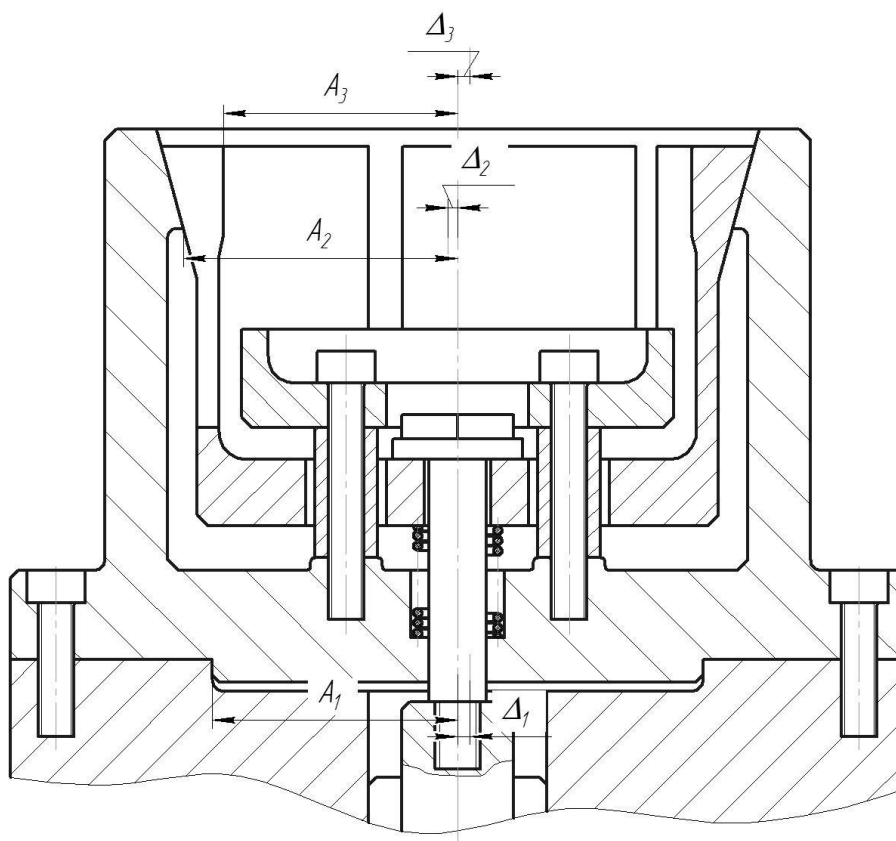


Рисунок 4 – Расчетная схема для определения погрешности

«Исходя из схемы, погрешность установки в приспособлении составит:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (30)$$

где Δ_1 – погрешность сопряжения корпуса, мм;

Δ_2 – погрешность сопряжения цанги и направляющей, мм;

Δ_3 – погрешность изготовления цанги, мм» [21].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,021^2 + 0,025^2 + 0,01^2} = 0,017 \text{ мм.}$$

«Требуемая точность установки заготовки на данной операции составляет:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot TD, \quad (31)$$

где TD – точность выполняемого размера, мм» [21].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,058 = 0,018 \text{ мм.}$$

«Из расчетов видно, что спроектированное приспособление обеспечивает требуемую точность установки заготовки на данной операции» [21].

Установочным и зажимным элементом приспособления является цанга, которая устанавливается в корпусе. Деформация цанги осуществляется путем ее перемещения по конической направляющей корпуса приспособления 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 в цангу до чашечного упора. Воздух подается в верхнюю полость пневмоцилиндра, поршень перемещается вниз тем самым через шток и тягу перемещает цангу по направляющей корпуса, обеспечивая ее деформацию. В результате заготовка центрируется на цанге и закрепляется.

«Раскрепление заготовки осуществляется следующим образом. Воздух подается в нижнюю полость пневмоцилиндра, система возвращается в исходное положение» [21]. При этом цанга перемещается по конической направляющей и раскрывается 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».

3.2 Проектирование сверла

В базовом технологическом процессе одной из основных операций формообразования является сверлильная обработка. Проведя анализ базовых сверлильных операций, приходим к следующему выводу. Используемый режущий инструмент имеет неудовлетворительную стойкость, что в условиях среднесерийного типа производства увеличивает затраты на режущий инструмент и приводит к снижению качества обработки. Следовательно, необходимо спроектировать сверло усовершенствованной конструкции, лишенное данных недостатков. «Проектирование сверла произведем по методике» [6].

«Определим расчетное значение диаметра сверла:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (32)$$

где D_{min} – минимальный диаметр сверления, мм;

TD – допуск диаметра отверстия, мм» [6].

$$D = 6,7 + \frac{0,058}{2} = 6,729 \text{ мм.}$$

Поле допуска и квалитет диаметра сверла назначаем исходя из того, что квалитет принимается на два точнее выполняемого отверстия, то есть в данном случае 8. Тогда расчетное значение диаметра сверла составит $6,729_{-0,022}$ мм.

Хвостовую часть сверла выполняем цилиндрической.

«Для данной конструкции хвостовой части необходимо рассчитать максимально допустимый крутящий момент:

$$M = \mu \cdot P_3 \cdot D, \quad (33)$$

где μ – коэффициент трения в зоне контакта;

P_3 – сила закрепления, Н;

D – диаметр хвостовика, мм.

$$M = 0,1 \cdot 80 \cdot 6,7 = 54 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

«Повышения стойкости сверла планируется добиться за счет применения в конструкции центральной режущей вставки из поликристаллического нитрида бора. Такое техническое решение позволит увеличить стойкость сверла по данным от 5 до 8 раз» [6].

«Определение диаметра режущей вставки производится с использованием выражения:

$$d = \frac{D}{9}, \quad (34)$$

где D – расчетный диаметр сверла, мм [6].

Получаем следующие результаты расчета.

$$d = \frac{6,729}{9} = 0,75 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вставки из сверхтвёрдого материала равный 0,8 мм.

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

Результатом выполнения данного раздела стало решение вопросов проектирования специальных средств оснащения, таких как патрон и сверло. В результате решены ряд технических проблем базового технологического процесса. Сокращено вспомогательное время снятия и установку заготовки и повышения стойкости режущего инструмента на сверлильной операции. Это позволило повысить эффективность спроектированной технологии.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Охарактеризуем кратко технологический процесс изготовления вала шестеренчатого насоса с целью обеспечения его безопасности и экологичности.

Основные технологические операции: фрезерно-центровальная, токарная, сверлильная, фрезерная, зубодолбежная, шлифовальная, полировальная, хонинговальная. Более подробно последовательность операций технологического процесса представлена в таблице 4. Средства оснащения технологического процесса представлены в таблице 5. Работники, задействованные в выполнении технологического процесса: операторы станков с числовым управлением, фрезеровщики, сверловщики, зуборезчики, шлифовщики. Материалы, используемые в ходе выполнения технологического процесса: сталь 40Х ГОСТ 4543–71, синтетические смазочно-охлаждающие жидкости, масла, ветошь.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков основана на знании возникающих опасных и вредных факторов, определяемых по ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в соответствии с конструктивно-технологическими характеристиками, определенными ранее и выполняется согласно Приказа Минтруда № 776н «методы оценки уровня профессиональных рисков определяются работодателем с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций» [3]. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
токарный с ЧПУ JET KDCK-25H CNC, горизонтально-фрезерный 6P82Г, вертикально-сверлильный с ЧПУ JET GHD-50PFCTCT, зубодолбежный 5122, плоскошлифовальный 3Б722, круглошлифовальный 3М51Е, внутришлифовальный 3К228В, полировально-шлифовальный 3Б853, хонинговальный 3К833	«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [3]	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [3]
	«транспортное средство, в том числе погрузчик» [3]	«движущиеся твердые, жидкие» [3]
	«транспортное средство, в том числе погрузчик» [3]	«или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]
	«подвижные части машин и механизмов» [3]	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]
	«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [3]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [3]	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]
	«воздействие общей вибрации» [3]	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [3]
	«физические перегрузки» [3]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]
	«электрический ток» [3]	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [3]

«Количество и состав опасных и вредных производственных факторов физического, химического и психофизиологического воздействия, а также возникающих под их влиянием рисков, воздействующих на работников, задействованных в выполнении технологического процесса, характерно для цехов механической обработки» [3].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Выявленные ранее опасности и риски, воздействующие на работников производственного участка, требуют разработки методов и средств их снижения. Для этого используется Приказ 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» (таблица 8).

Таблица 8 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [3]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
транспортное средство, в том числе погрузчик	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [3]	«соблюдение правил дорожного движения и перемещения транспортных средств по территории; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и систем торможения» [3]

Продолжение таблицы 8

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
подвижные части машин и механизмов	«устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих элементов» [3]	«использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих «костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [3]
воздействие на кожные покровы смазочных масел	«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]	«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 технологического оборудования» [3]
материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых 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]

Продолжение таблицы 8

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	«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]
воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места).	«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]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [3]
физические перегрузки	«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]

Продолжение таблицы 8

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
электрический ток	«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]

Описанные выше мероприятия, методы и средства позволят снизить опасности и риски, возникающие на производственном участке и воздействие которых на работников производственного участка может привести к негативным последствиям.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности технического объекта определяется характеристиками производственного корпуса и характеристиками используемых в ходе технологического процесса материалов.

«Характеристика производственного корпуса по пожароопасности: категория по взрыво и пожаробезопасности – пожароопасное; степень огнестойкости зданий и сооружений – из несгораемых материалов; класс помещения в зависимости от окружающей среды – сухое; класс помещения по степени опасности поражения электрическим током – с повышенной опасностью» [3]. «Исходя из характеристик, используемых в ходе технологического процесса материалов возможные пожары относятся к классу D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов» [3].

«Далее необходимо определить основные опасные факторы возможного 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].

Исходя из имеющихся опасных факторов пожара, определяем технические средства обеспечения пожарной безопасности (таблица 9) и организационные мероприятия.

Таблица 9 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
«огнетушители: – ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100» [3]	«мотопомпа пожарная» [3]	«пожарный извещатель» [3]	«пожарный щит класса ЩП-А» [3]	«оповещатель охранно-пожарный звуковой, программно-аппаратный комплекс» [3]

«Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности» [3].

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Негативными факторами, определяющими экологическую безопасность объекта, являются отходы, образующиеся в ходе выполнения технологического процесса. В частности к ним относятся: масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива, стружка,

мусор. Наибольшее влияние данные негативные факторы проявляются в виде выбросов в сточные воды и землю.

С целью нейтрализации и снижения влияния выявленных негативных факторов на экологию необходимо соблюдать положения «ГОСТ Р 53692–2009, который определяет основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации опасных промышленных отходов» [3].

Негативное воздействие на экологию также возможно в случае возникновения аварийных ситуаций. «Возможные причины возникновения и развития, которых условно можно разделить на три группы: отказы оборудования, ошибочные действия работников, внешние воздействия природного и техногенного характера» [3]. В зависимости от этого разрабатываются соответствующие мероприятия по ликвидации последствий аварийных ситуаций.

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 современного оборудования, которое позволит быстрее ее выполнить, и получить сокращение общей трудоемкости операций. 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 операции, а именно замены оборудования, оснастки и инструмента:

- сокращение основного времени выполнения операций на 17,6%;
- сокращение вспомогательного времени – на 36,3%;
- уменьшение использование производственных площадей на 66,7%;
- увеличение стойкости применяемого инструмента в 3 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 позволять грамотно

рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 5 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [10]

Используя, описанную на рисунке 5, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций ($K_{ВВ}$), которая составила 393446,7 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 72,5 % в общем объеме инвестиций.

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

Квв = 393446,7 руб.

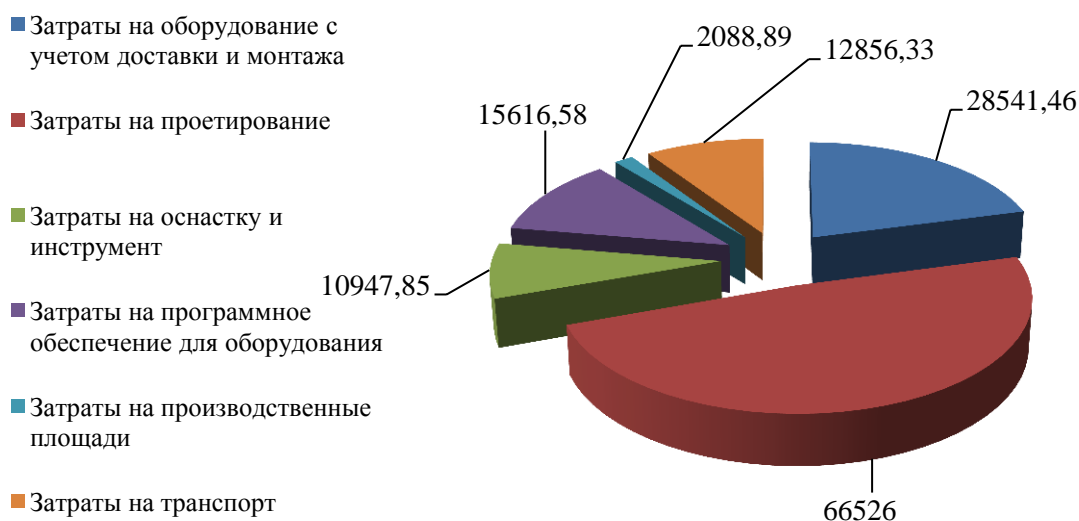


Рисунок 6 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

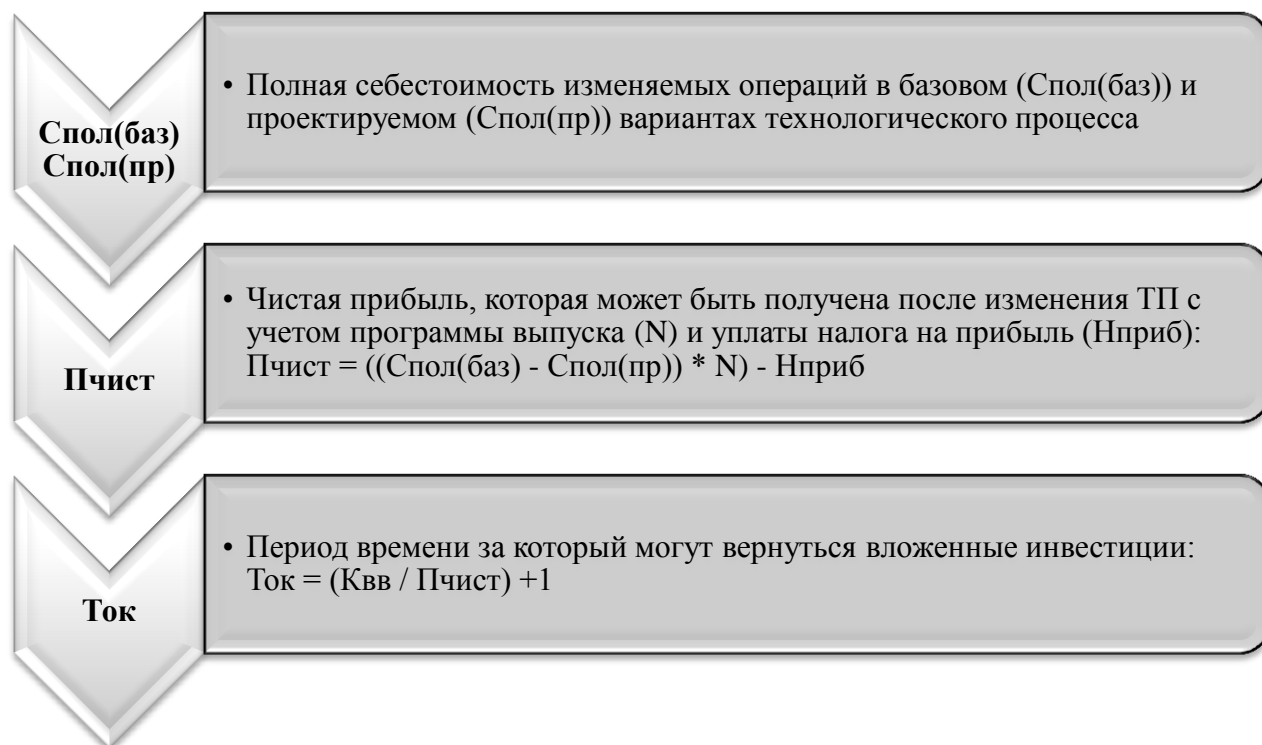


Рисунок 7 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

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.

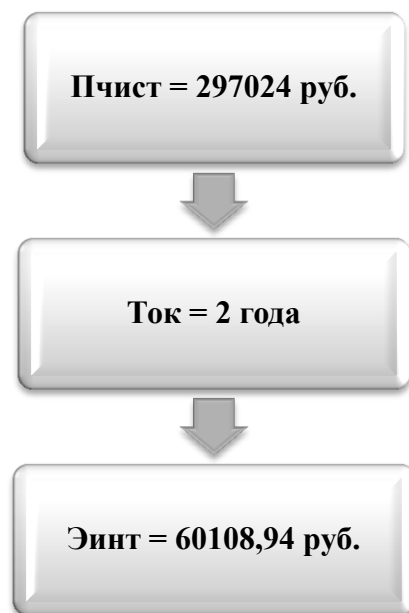


Рисунок 8 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{\text{ЧИСТ}}$), срока окупаемости ($T_{\text{ОК}}$) и экономического эффекта ($\text{Э}_{\text{ИНТ}}$)

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

В данном разделе 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» [7]. «В результате сформулированы задачи работы» [7], решение которых позволило достичь следующих результатов.

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» [7]. «Это позволило разработать технологию изготовления на основе типового технологического процесса» [7].

Во-вторых, решены вопросы проектирования специальных средств оснащения, таких как цанговый патрон и сверло для сверлильной 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» [7], 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 полумуфты, который обеспечит выпуск годовой программы деталей в указанные сроки при условии обеспечения требуемого качества изготовления» [7]. При этом затраты на изготовление с учетом серийности производства также минимальны.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Богомолова С. А. Метрология и измерительная техника: технические требования к средствам измерений: учебник / С. А. Богомолова, И. В. Муравьева. – Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 172 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1248043> (дата обращения: 09.04.2023).
2. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М.: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
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. 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: 28.04.2023).
6. Зубарев Ю. М. Режущий инструмент: учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (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. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА –М, 2019. – 269 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008022>

(дата обращения: 02.04.2023).

9. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт –Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 06.04.2023).

10. 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: 08.05.2023).

11. 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: 15.04.2023).

12. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан –заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – Москва: ИНФРА – М, 2019. – 295 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1037766> (дата обращения: 28.03.2024).

13. 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: 22.04.2023).

14. 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: 11.04.2023).

15. 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.

16.Скворцов В. Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2 –е изд. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 330 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1088076> (дата обращения: 07.04.2023).

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21.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: 21.04.2023).

22.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: 12.04.2023).

23.Химический состав и физико–механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X?ysclid=lgeyplsgn4456786841 (дата обращения: 15.03.2023).

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
Т 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10;														
Т 20	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, 393450														
Т 21	Нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88.														
22															
А 23	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 24	381101 Токарный ЛЕТ КОСК-25Н CNC 3 18217 422 1Р 1 1 1 900 1 0,74														
О 25	Точить поверхности 1, 6, 7, 9, 22, 24, 25 в размеры $\phi 156_{-0,16}$, $\phi 140_{-0,22}$, $\phi 124_{+0,16}$, $114_{-0,14}$, $92_{-0,14}$,														
Т 26	42 _{0,1} , 22 _{0,08} , 2 _{0,1} , 1 ^{+0,15} x45°.														
Т 27	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10;														
Т 28	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К6; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, 393450														
Т 29	Нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88.														
30															
А 31	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 32	381101 Токарный ЛЕТ КОСК-25Н CNC 3 18217 422 1Р 1 1 1 900 1 1,15														
О 33	Точить поверхности 14, 18, 20 в размер $\phi 156_{-0,16}$, $\phi 98,147_{+0,14}$, $113_{-0,14}$, 1 ^{+0,1} x45°.														
Т 34	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10;														
Т 35	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К6; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, 393450														
Т 36	Нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88.														
37															
А 38	XX XX XX 025 4261 Фрезерная														
Б 39	381631 Горизонтально-фрезерный 6Р82Г 3 18632 422 1Р 1 1 1 900 1 18,25														
О 40	Фрезеровать поверхности 10, 12 в размеры R30 _{0,21} , 14 ^{+0,01}														
Т 41	396141 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 391834 Фреза дисковая $\phi 100$														
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	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Т 42	ГОСТ 5348-69 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89; 393400 Калибр.															
43																
А 44	XX XX XX 030 4120 Сверлильная															
Б 45	381210 Сверлильный с ЧПУ JET GHD-50PFCST					3	17335	422	1P	1	1	1	900	1		1,98
О 46	Сверлить поверхности 5, 11 в размер $\phi 4^{+0,12}$															
Т 47	396141 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ8615-89; 391213 Сверло $\phi 4$ ГОСТ10902-77															
Т 48	Р6М5; 393400 Калибр.															
49																
А 50	XX XX XX 035 4120 Сверлильная															
Б 51	381210 Сверлильный с ЧПУ JET GHD-50PFCST					3	17335	422	1P	1	1	1	900	1		6,39
О 52	Сверлить, нарезать резьбу поверхности 16, 17 в размеры $M8^{+0,058}$, $94_{-0,35}$, $89,5_{-0,35}$															
Т 53	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло $\phi 6,7$ специальное Р6М5; 391311 Метчик М8 ГОСТ3266-81															
Т 54	Р6М5; 393400 Калибр.															
55																
А 56	XX XX XX 040 4175 Долбежная.															
Б 57	381718 Долбежный 5122					3	17960	422	1P	1	1	1	900	1		2,46
О 58	Долбить зубья 27, 28 в размер 9 степени точности.															
Т 59	396190 Оправка кулачковая; 392413 Долбяк чашечный $\phi 80$ ГОСТ9323-79 Р6М5; 393400 Калибр.															
60																
А 61	XX XX XX 045 Термическая															
62																
А 63	XX XX XX 050 4133 Плоскошлифовальная															
Б 64	381313 Плоскошлифовальный 3Б722					3	18873	422	1P	1	1	1	900	1		4,93
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	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
0 65	<i>Шлифовать поверхности 1, 18 в размер 112_{0,11}.</i>															
Т 66	<i>396161 Плита магнитная ГОСТ16528-87; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная</i>															
Т 67	<i>СИ-150 ГОСТ 11098-75</i>															
68																
А 69	<i>XX XX XX 055 4131 Круглошлифовальная</i>															
Б 70	<i>381311 Круглошлифовальный 3М151Е 3 18873 422 1Р 1 1 1 900 1 1,59</i>															
0 71	<i>Шлифовать поверхность 7 в размер $\phi 14,06_{0,063}$.</i>															
Т 72	<i>396190 Оправка кулачковая; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная СИ-150</i>															
Т 73	<i>ГОСТ 11098-75</i>															
74																
А 75	<i>XX XX XX 060 4131 Круглошлифовальная</i>															
Б 76	<i>381311 Круглошлифовальный 3М151Е 3 18873 422 1Р 1 1 1 900 1 2,78</i>															
0 77	<i>Шлифовать поверхность 14 в размер $\phi 160_{0,1}$.</i>															
Т 78	<i>396190 Патрон цанговый ГОСТ2877-80; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная</i>															
Т 79	<i>СИ-150 ГОСТ 11098-75</i>															
80																
А 81	<i>XX XX XX 065 4132 Внутришлифовальная</i>															
Б 82	<i>381312 Внутришлифовальный 3К228В 3 18873 422 1Р 1 1 1 900 1 0,78</i>															
0 83	<i>Шлифовать поверхность 20 в размер $\phi 99,023^{+0,054}$.</i>															
Т 84	<i>396190 Патрон цанговый ГОСТ2877-80; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-150</i>															
Т 85	<i>ГОСТ 10-88</i>															
86																
А 87	<i>XX XX XX 070 4131 Круглошлифовальная</i>															
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	Кит	Тпоз
Б 88	381311 Круглошлифовальный ЗМ151Е					3	18873	422	1Р	1	1	1	900	1	2,22
О 89	Шлифовать поверхность 7 в размер $\phi 140_{-0,005}^{-0,148}$														
Т 90	396190 Оправка кулачковая; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная СИ-150														
Т 91	ГОСТ 11098-75.														
92															
А 93	XX XX XX 075 4131 Круглошлифовальная														
Б 94	381311 Круглошлифовальный ЗМ151Е					3	18873	422	1Р	1	1	1	900	1	3,9
О 95	Шлифовать поверхность 14 в размер $\phi 160_{0,01}$														
Т 96	396190 Патрон цанговый ГОСТ2877-80; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная														
Т 97	СИ-150 ГОСТ 11098-75														
98															
А 99	XX XX XX 080 4132 Внутришлифовальная														
Б 100	381312 Внутришлифовальный ЗК228В					3	18873	422	1Р	1	1	1	900	1	1,08
О 101	Шлифовать поверхность 20 в размер $\phi 100_{+0,035}$														
Т 102	396190 Патрон цанговый ГОСТ2877-80; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-150														
Т 103	ГОСТ 10-88.														
104															
А 105	XX XX XX 085 4191 Полировальная														
Б 106	381337 Полировально-шлифовальный ЗБ853					3	18873	422	1Р	1	1	1	900	1	2,71
О 107	Плировать поверхность 14 в размер $\phi 160_{0,01}$														
Т 108	396190 Патрон цанговый ГОСТ2877-80; 3397110 Лента полировальная 14А25-НМР; 394300 Скоба														
Т 109	индикаторная СИ-150 ГОСТ 11098-75.														
110															
МК															

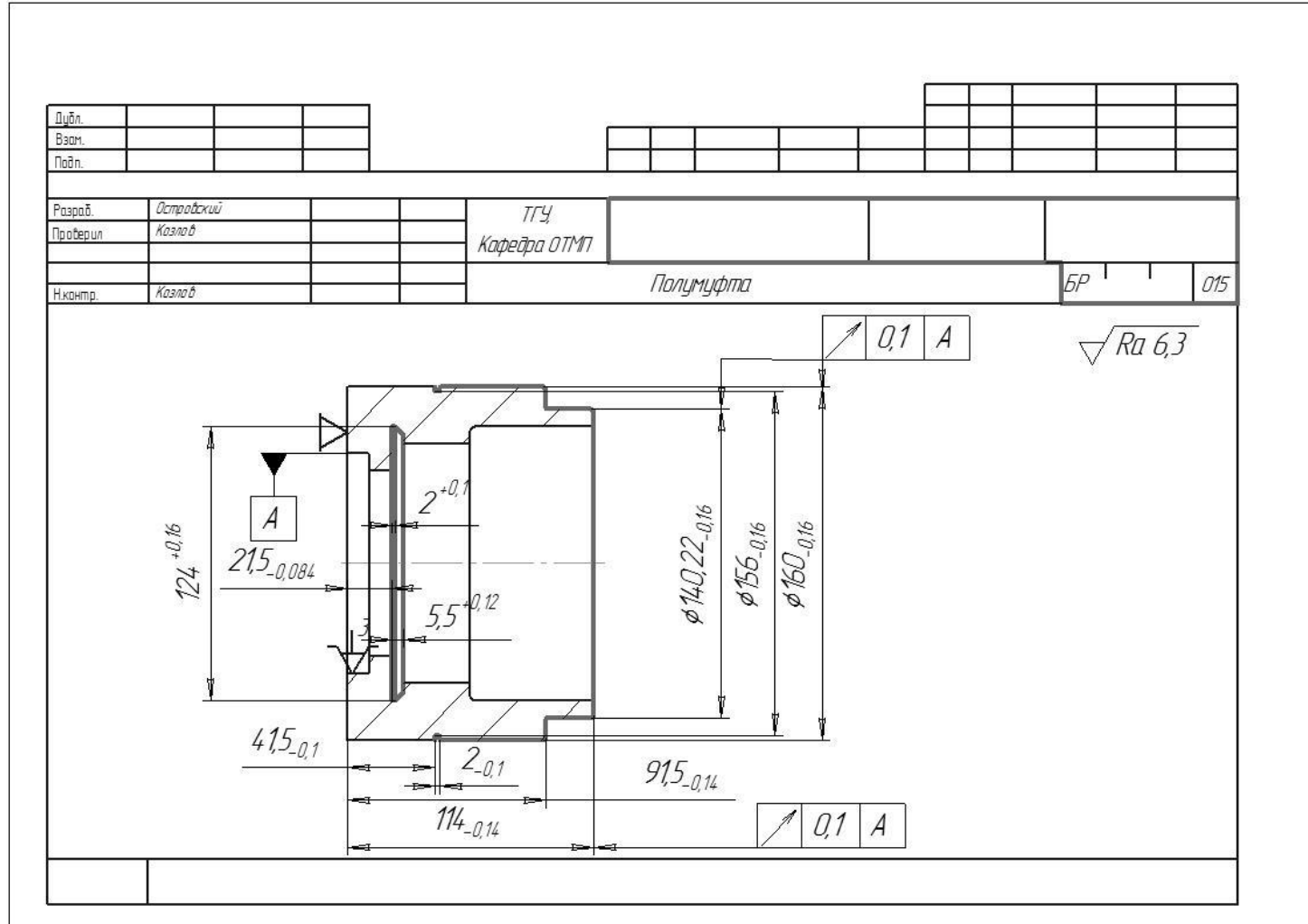
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 111	XX XX XX	090	4192	Внутришлифовальная												
Б 112	381836	Хонинговальный ЗК833				3	18873	422	1Р	1	1	1	900	1		0.64
О 113	Хонинговать поверхность 20 в размер $\phi 100^{+0,035}$															
Т 114	396190 Оправка цанговая; 397717 Хон; 393450 Нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88.															
115																
А 116	XX XX XX	095	Моющая.													
117																
А 118	XX XX XX	100	Контрольная.													
119																
120																
121																
122																
123																
124																
125																
126																
127																
128																
129																
130																
131																
132																
133																
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Островский			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 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 180	166	7,34	φ180x119,4			12,28	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тпе	тип	сож					
JET KODK-25H CNC				0,59			0,74	Украина-1					
			пи	о или в	L	t	i	s	p	v			
01	1. Установить заготовку												
T ₀₂	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 24351-80; 392190 Резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10;												
T ₀₃	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6; 393311 Штангенциркуль ШЦ-VI ГОСТ 166-89.												
0 04	2. Точить поверхности 1, 6, 7, 9, 22, 24, 25 выдерживая размеры согласно эскиза												
P ₀₅		1				1,0		0,32	320	140			
P ₀₆		2				2,0		0,32	250	126			
P ₀₇		3				5,5		0,56	250	98			
08	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
09													
10													
11													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Островский			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
И.контр.	Козлов			Полумуфта						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Сверлильная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 180	166	7,34	φ180x119,4			12,28	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тге	тип	сож					
JET GHD-50PFCST				5,11			6,39	Украина-1					
			пи	о или в	L	f	i	s	п	v			
01	1. Установить заготовку												
T _{зв}	396190 Оправка цанговая; 391213 Сверло φ6,7 специальное Р6М5; 391311 Метчик МВ ГОСТ 3266-81 Р6М5.												
02	2. Сверлить, нарезать резьбу поверхности 16, 17 выдерживая размеры согласно эскиза.												
P _{зв}	1					3,36	0,05	1100	12				
P _{зв}	2					0,64	10	120	3				
T _{зв}	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
07													
08													
09													
10													

