

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 втулки сверлильной головки

Обучающийся

А.А. Цокур

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

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

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Работа посвящена проектированию одного из вариантов технологии изготовления втулки сверлильной головки.

Структура работы: пояснительная записка в объеме 61 страниц и графическая часть в объеме 7 листов формата А1.

«Цель выпускной квалификационной работы разработать такую технологию изготовления втулки сверлильной головки, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях» [13] и требуемое качество изготовления.

Пояснительная записка содержит введение, пять основных разделов, заключение и приложения. Во введении обосновывается необходимость выполнения работы и формулируется ее цель. В основных разделах рассматриваются основные вопросы проектирования. В первом разделе анализируются имеющиеся данные по детали и особенностям производства. Результатом его выполнения являются задачи работы. Во втором разделе проектируется технология изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки «плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов выполнения операций и их нормирования. В третьем разделе решаются задачи по совершенствованию технологии. Для решения данной задачи производится проектирование клино-плунжерной оправки и специального сверла. В четвертом разделе принятые проектные решения проверяются на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения. В пятом разделе оцениваются экономические показатели» [2] технологии и результатов ее совершенствования. В заключении делаются общие выводы по результатам работы и заключение о достижении ее цели. Приложения содержат всю необходимую конструкторско-технологическую документацию, необходимую в соответствии с требованиями проектирования единой системы технологической подготовки производства.

## Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные и их анализ .....	5
1.1 Назначение и условия работы детали .....	5
1.2 Оценка технологичности детали .....	6
1.3 Анализ параметров типа производства.....	8
1.4 Постановка задач работы .....	11
2 Технологическая часть .....	12
2.1 Проектирование заготовки.....	12
2.2 Разработка плана изготовления .....	19
2.3 Технические средства оснащения .....	21
2.4 Определение режимов резания и нормирование .....	24
3 Разработка специальных технических средств оснащения .....	27
3.1 Разработка клино-плунжерной оправки .....	27
3.2 Разработка сверла.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	39
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта .....	41
5 Экономическая эффективность работы .....	43
Заключение .....	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А Технологическая документация.....	52
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	59

## Введение

В металлообработке более двадцати пяти процентов от общего объема занимает сверлильная обработка. Это объясняется тем, что в большинстве случаев для получения отверстия сверление является единственно возможным методом обработки. С целью расширения технологических возможностей оборудования в качестве дополнительных приспособлений часто применяются сверлильные головки. Их применение позволяет получать одновременно несколько отверстий, что актуально в условиях поточного массового, крупносерийного и в некоторых случаях переменноточного среднесерийного типа производства. Данные приспособления позволяют существенно увеличить производительность обработки, но при этом имеют сложную конструкцию.

Все детали входящие в сверлильную головку имеют жесткие требования к точности изготовления размеров и качеству поверхностного слоя. Рассматриваемая в работе втулка не является исключением. В процессе проектирования технологии изготовления втулки особое внимание следует уделить именно обеспечению данных параметров. Выполнение этого требования возможно путем применения соответствующих методов обработки и технических средств их реализующих. При этом следует обратить внимание на тип производства, в условиях которого производится изготовление детали. От этого зависит, какие методы обработки и технические средства их реализующие наиболее эффективны. Оптимальным критерием эффективности спроектированной технологии является минимальная цена полученной детали.

Из приведенных рассуждений следует, что цель выпускной квалификационной работы разработать такую технологию изготовления втулки сверлильной головки, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях и требуемое качество изготовления.

## **1 Исходные данные и их анализ**

### **1.1 Назначение и условия работы детали**

Втулка входит в конструкцию сверлильной головки в качестве промежуточного звена между корпусом и подшипниками, на которые устанавливается шпиндель. Такая конструкция позволяет изготавливать корпус из более дешевого материала. Втулка ориентируется в корпусе по плоской поверхности, являющейся направляющей. Внутренние поверхности детали используются для установки в них подшипников шпинделя.

Сложность общей компоновки сверлильной головки, а также требование по компактности ее исполнения привели к необходимости применения в конструкции втулки такого большого количества поверхностей и повышению их точности.

Эксплуатационные условия определяются служебным назначением детали и конструкцией узла. Внешние климатические факторы не оказывают влияния на условия работы детали, так как приспособление работает в производственном помещении. Влияние факторов, возникающих под воздействием производственных условий также минимально, так как втулка работает в закрытом корпусе в условиях хорошей смазки. Следовательно, попадание на деталь стружки, смазочно-охлаждающей жидкости, производственной пыли и тому подобных веществ исключено.

Из негативных факторов оказывающих воздействие на втулку следует отметить повышенную температуру и вибрации. Температура возникает в процессе резания и при ненадлежащих условиях охлаждения зоны резания может привести к изменению геометрии детали и ее разрушению под действием рабочих нагрузок. Вибрации могут возникать как в процессе обработки, так и под действием других машин и механизмов, которые эксплуатируются в цеху. Воздействие вибраций может привести к разбалансировке вращающихся деталей головки и как следствие этого

повреждению контактирующих с ними поверхностей втулки. Наиболее опасно влияние вибраций на ответственные точные поверхности.

## **1.2 Оценка технологичности детали**

На первом этапе оценим технологичность материала детали. «Материал детали алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-74 имеет следующий химический состав: алюминий от 90,9% до 94,7%, медь от 3,8% до 4,9%, магний от 1,2% до 1,8%, марганец от 0,3% до 0,9%, железо до 0,5%, кремний до 0,5%, цинк до 0,25%, титан до 0,15%, хром до 0,1%» [26]. «Механические характеристики: предел текучести 350 МПа, предел выносливости при испытании на изгиб с симметричным циклом нагружения 140 МПа, предел кратковременной прочности 480 МПа, относительное удлинение после разрыва 12%, коэффициент обрабатываемости резанием лезвийным инструментом, в случае применения в качестве режущей части твердого сплава 1,55, в случае применения в качестве режущей части быстрорежущей стали 1,3» [26]. Приведенные характеристики обеспечивают хорошую обрабатываемость резанием стандартными инструментальными материалами, за исключением абразивной обработки. Особенностью материала являются его хорошие литейные и штамповочные свойства, что делает возможным применение для получения заготовки, как методов литья, так и методов штамповки. Таким образом, материал следует признать технологичным.

На следующем этапе оценим на технологичность конструкцию детали. Конструкция детали обусловлена особенностями выполняемых функций. Технологичность поверхностей детали определяется их формой, параметрами точности, шероховатости, соответствием служебному назначению. Решение задачи определения технологичности поверхностей выполняется на основе их классификации (таблица 1), для проведения которой выполняется нумерация поверхностей (рисунок 1).

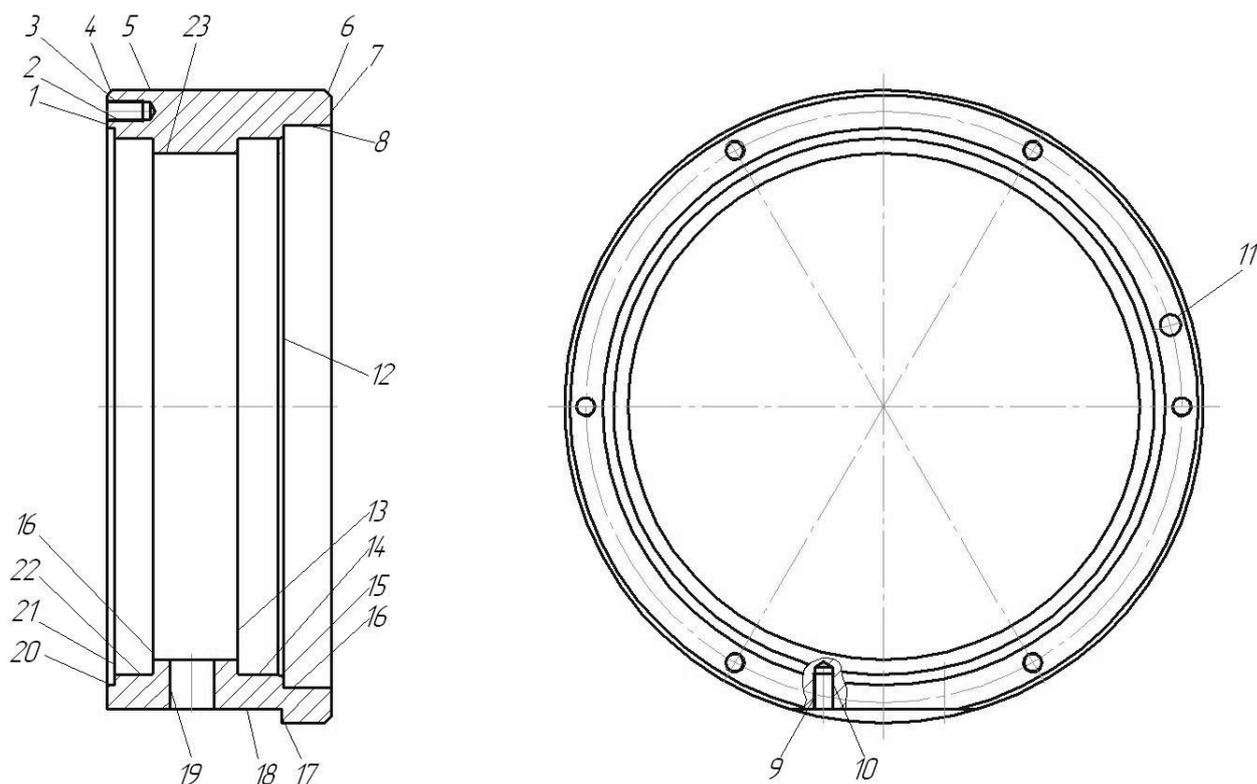


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	18, 22
Вспомогательные конструкторские базы	8, 12
Исполнительные поверхности	3, 8, 9, 12
Свободные поверхности	все оставшиеся

По результатам классификации можно сделать вывод, что все поверхности отвечают параметрам формы, точности, шероховатости и служебному назначению. Таким образом, для их получения не требуется применения специальных методов обработки и средств технического оснащения. При этом, «количество точных ответственных поверхностей не значительное. Большую часть поверхностей составляют свободные поверхности, формирующие ее контур, которые не имеют жестких требований на их изготовление и не требуют применения точных методов

обработки. Таким образом, конструкцию детали следует признать технологичной» [13].

«Далее анализируем технологичность изготовления. Реализация предполагаемых методов обработки возможна на стандартном технологическом оборудовании с применением стандартных и универсальных средств технологического оснащения» [13]. В качестве технологического оборудования в данном случае возможно применение современных станков с числовым программным управлением. Применение стандартизированной и универсальной технологической оснастки позволит для закрепления заготовок на технологических операциях применить и реализовать типовые схемы базирования с соблюдением основных принципов базирования. При этом в качестве баз будут использованы исключительно естественные базы, то есть реальные поверхности детали. Все это позволит существенно упростить организацию производства, обеспечить его гибкость и удешевить сам процесс. Таким образом, процесс изготовления детали следует признать технологичным.

Анализ показал, что рассматриваемая деталь обладает хорошими показателями технологичности. Следовательно, при разработке технологии ее изготовления следует использовать типовые технологические решения с учетом выявленных в ходе проведения анализа технологичности особенностей.

### **1.3 Анализ параметров типа производства**

«Проведем анализ типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать данную деталь. Такой анализ даст возможность определить наиболее передовые направления проектирования технологического процесса и обеспечить максимальную эффективность производства детали» [2]. «Определяем тип производства. Годовая

программа выпуска деталей составляет 4000 штук в год, масса детали 0,8 кг, следовательно, тип производства среднесерийный» [2].

«Среднесерийный тип производства имеет следующие параметры» [2].

«Проектирование технологии изготовления производится на основе последовательной стратегии с применением типовых технологических процессов. Следует учитывать, что детали должны изготавливаться партиями» [2] в условиях непоточной организации производственного процесса на специализированных рабочих местах.

«Метод получения заготовки должен обеспечить наименьшие затраты на механическую обработку» [2]. Для этого необходимо, чтобы заготовка была максимально приближена по форме к готовой детали и имела оптимальные припуски и напуски. Выполнение данного требования необходимо, чтобы маршруты обработки обеспечивали минимальные приведенных затрат на получение поверхностей. «Припуски на обработку определяются в зависимости от требуемой точности обработки. Для точных и ответственных поверхностей используется метод определения припуска» [2] расчетным способом, для неответственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ.

Проектирование операций технологического процесса основано на обеспечении максимальной концентрации переходов. Предпочтение следует отдавать экстенсивной концентрации, но возможно и применение интенсивной концентрации. Точность обработки достигается путем применения различных методов «настройки оборудования на заданный размер. Выбор метода выполняется в зависимости от требуемой точности обработки» [2]. В связи с этим при проектировании операций особое внимание следует уделять соблюдению принципов теории базирования, что позволит исключить дополнительные погрешности при обработке и как следствие этого снизить припуски на обработку. Определение режимов выполнения операций и их нормирование производится на основе расчетно-аналитического метода с применением упрощенных методик и

статистических данных.

«Тип технологического оборудования определяется исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и необходимой производительности процесса. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному оборудованию, а также оснащённому устройствами программного управления» [2]. В случае необходимости реализации методов обработки со сложными формообразующими движениями возможно применение специализированного оборудования.

Станочные приспособления выбираются исходя из схемы базирования принятой на операции, формы и размеров базовых поверхностей. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным станочным приспособлениям, имеющим возможность быстрой переналадки на выпуск новой детали и механизированный привод закрепления. В случае невозможности реализации требуемой схемы базирования стандартными приспособлениями допускается применение специальных приспособлений.

«Режущий инструмент выбирается исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и особенностей формы обрабатываемых поверхностей» [2]. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному и стандартизированному режущему инструменту. Возможность применение специального режущего инструмента следует рассматривать только в случае невозможности получения требуемых характеристик обработки стандартным режущим инструментом или в случае получения ощутимого экономического эффекта от применения специального инструмента.

«Средства контроля выбираются исходя из особенностей формы контролируемых поверхностей, их расположения, точности и требований к визуализации результатов контроля. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным и стандартизированным средствам контроля с получением информации о результатах контроля в абсолютных величинах, желательно в цифровом виде» [2].

## 1.4 Постановка задач работы

«По результатам анализа назначения и условий работы детали, оценки технологичности детали и анализа параметров типа производства сформулируем основные задачи данной работы» [13].

«В первую очередь необходимо спроектировать технологию изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов выполнения операций и их нормирования» [13].

Далее необходимо решить задачи по совершенствованию технологии. Для решения данной задачи необходимо произвести проектирование специального станочного приспособления и режущего инструмента.

Затем принятые проектные решения необходимо проверить на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения.

В заключении необходимо оценить экономические показатели технологии и результатов ее совершенствования.

В данном разделе анализируются имеющиеся данные по детали, ее технологичности и особенностям типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать деталь. Результатом выполнения данного раздела являются задачи работы.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Проектирование заготовки

В ходе анализа детали на технологичность было установлено, что особенностью материала являются его хорошие литейные и штамповочные свойства, что делает возможным применение для получения заготовки, как методов литья, так и методов штамповки. «Наиболее подходящими в данном случае являются методы литья в кокиль и штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе» [14]. «Выбор метода получения заготовки производится исходя из того, что он должен обеспечить наименьшие затраты на механическую обработку, рассчитанные по методике» [13].

«Полная стоимость изготовления детали:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

где  $C_{zi}$  – стоимость получения заготовки, руб.;

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

$i$  – номер варианта получения заготовки» [13].

«Номер варианта получения заготовки 1 принимаем для метода получения на кривошипном горячештамповочном прессе, номер варианта 2 для метода получения литьем в кокиль» [13].

«Стоимость получения заготовки:

$$C_{zi} = \frac{C_m \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

где  $C_m$  – цена материала заготовки, руб.;

$M_{zi}$  – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$  – коэффициент способа получения;

$K_T$  – коэффициент точности метода получения;

$K_{сл}$  – коэффициент сложности метода получения» [13].

«Масса заготовки:

$$M_{зи} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$K_p$  – коэффициент формы и способа получения заготовки» [13].

Рассчитываем массу заготовок, полученных различными методами.

$$M_{з1} = 0,8 \cdot 1,12 = 0,9 \text{ кг.}$$

$$M_{з2} = 0,8 \cdot 1,22 = 0,98 \text{ кг.}$$

Рассчитываем стоимость получения заготовки.

$$C_{з1} = \frac{40000 \cdot 0,9}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 14,4 \text{ р.}$$

$$C_{з2} = \frac{40000 \cdot 0,98}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 18,5 \text{ р.}$$

«Стоимость механической обработки:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (4)$$

где  $C_{уд}$  – удельная стоимость снятия стружки, руб./кг;

$K_{имi}$  – коэффициент использования материала;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости материала» [13].

«Коэффициент использования материала:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_{зи}}. \quad (5) \gg [13]$$

«Рассчитываем коэффициент использования материала.

$$K_{им1} = \frac{0,8}{0,9} = 0,89.$$

$$K_{им2} = \frac{0,8}{0,98} = 0,82» [13].$$

«Расчитываем стоимость механической обработки

$$C_{обр1} = \frac{40 \cdot (\frac{1}{0,89} - 1) \cdot 0,8}{1,1} = 1,6 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{40 \cdot (\frac{1}{0,82} - 1) \cdot 0,8}{1,1} = 3,1 \text{ р.}» [13]$$

«Подставляем полученные значения в формулу (1) и проводим соответствующие расчеты.

$$C_1 = 14,4 + 1,6 = 16 \text{ р.}$$

$$C_2 = 18,5 + 3,1 = 21,6 \text{ р.}» [13]$$

«Метод получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе имеет меньшую полную стоимость изготовления детали, поэтому дальнейшее проектирование заготовки ведем для данного метода» [13].

В условиях среднесерийного типа производства необходимо, чтобы заготовка была максимально приближена по форме к готовой детали и имела оптимальные припуски и напуски. Для выполнения данного требования маршруты обработки должны обеспечивать минимальные приведенных затрат на получение поверхностей [9]. При этом принятые маршруты обработки должны соответствовать требуемой точности, шероховатости и форме поверхностей. «В таблице 1 приведены результаты определения маршрутов обработки поверхностей» [13].

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Точность поверхности	Шероховатость, поверхности, мкм	Маршрут обработки
1	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]
2	10	3,2	«сверление» [10]
3	10	3,2	«резьбонарезание» [10]
4	14	6,3	«точение чистовое» [10]
5	12	6,3	«точение черновое» [10]
6	14	6,3	«точение черновое» [10]

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Точность поверхности	Шероховатость, поверхности, мкм	Маршрут обработки
7	14	6,3	«точение черновое, точение чистовое» [10]
8	7	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]
9	10	3,2	«резьбонарезание» [10]
10	10	3,2	«сверление» [10]
11	7	0,8	«сверление, зенкерование, развертывание» [10]
12	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое» [10]
13	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]
14	6	1,25	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]
15	14	6,3	«точение чистовое» [10]
16	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]
17	9	1,6	«фрезерование черновое» [10]
18	10	6,3	«фрезерование черновое, фрезерование чистовое» [10]
19	14	2,5	«сверление» [10]
20	10	6,3	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]
21	14	6,3	«точение чистовое» [10]
22	6	1,25	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [10]

В зависимости от требуемой точности обработки определяются припуски на обработку. Для точных и ответственных поверхностей используется метод определения припуска расчетным способом, для неответственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ.

Исходя из этого припуски на обработку поверхности диаметром  $152R6\left(\begin{smallmatrix} -0,058 \\ -0,083 \end{smallmatrix}\right)$  мм определяем расчетно-аналитическим методом [22].

«Расчет минимального припуска:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

где  $i$  – текущий переход;

$i - 1$  – предыдущий переход;

$a$  – глубина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – суммарные пространственные отклонения, мм;

$\varepsilon$  – погрешность установки заготовки в приспособлении, мм» [22].

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,4 + \sqrt{0,525^2 + 0,025^2} = 0,926 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,113 + \sqrt{0,1^2 + 0,016^2} = 0,214 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} = 0,072 + \sqrt{0,04^2 + 0,016^2} = 0,115 \text{ мм} \gg [22].$$

«Расчет максимального припуска:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5(TD_{i-1} + TD_i), \quad (7)$$

где  $TD_{i-1}$  – допуск на выполнение текущего перехода, мм.;

$TD_i$  – допуск на выполнение предыдущего перехода, мм» [22].

$$\ll z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,926 + 0,5 \cdot (2,1 + 0,4) = 2,176 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,214 + 0,5 \cdot (0,4 + 0,16) = 0,494 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_2 + TD_3) = 0,115 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,025) = 0,208 \text{ мм} \gg [22].$$

«Расчет среднего припуска:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (8) \gg [22]$$

$$\ll z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (0,926 + 2,176) = 1,551 \text{ мм.}$$

$$z_{ср2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,214 + 0,494) = 0,354 \text{ мм.}$$

$$z_{ср3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,115 + 0,208) = 0,162 \text{ мм} \gg [22].$$

«Операционные размеры определяются выражениями:

$$D_{(i-1)max} = D_{i max} - 2 \cdot z_{i min}. \quad (9)$$

$$D_{(i-1)min} = D_{(i-1)max} - TD_{i-1}. \quad (10)$$

$$D_{i cp} = 0,5 \cdot (D_{i max} + D_{i min}). \quad (11)» [22]$$

«Расчет размеров начинаем с последнего перехода.

$$D_{3 max} = 152,342 \text{ мм.}$$

$$D_{3 min} = 152,317 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{3 cp} &= 0,5 \cdot (D_{3 max} + D_{3 min}) = 0,5 \cdot (152,342 + 152,317) = \\ &= 152,329 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{2 max} = D_{3 max} - 2 \cdot z_{3 min} = 152,342 - 2 \cdot 0,115 = 152,112 \text{ мм.}$$

$$D_{2 min} = D_{2 max} - TD_2 = 152,112 - 0,16 = 151,952 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{2 cp} &= 0,5 \cdot (D_{2 max} + D_{2 min}) = 0,5 \cdot (152,112 + 151,952) = \\ &= 152,032 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{1 max} = D_{2 max} - 2 \cdot z_{2 min} = 152,112 - 2 \cdot 0,214 = 151,684 \text{ мм.}$$

$$D_{1 min} = D_{1 max} - TD_1 = 151,684 - 0,4 = 151,284 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{1 cp} &= 0,5 \cdot (D_{2 max} + D_{2 min}) = 0,5 \cdot (151,684 + 151,284) = \\ &= 151,484 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{0 max} = D_{1 max} - 2 \cdot z_{1 min} = 151,284 - 2 \cdot 0,926 = 149,432 \text{ мм.}$$

$$D_{0 min} = D_{0 max} - TD_0 = 149,432 - 2,1 = 147,332 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{0 cp} &= 0,5 \cdot (D_{2 max} + D_{2 min}) = 0,5 \cdot (149,432 + 147,332) = \\ &= 148,382 \text{ мм}» [22]. \end{aligned}$$

«Суммарные припуски на обработку:

$$2z_{min} = D_{3 max} - D_{0 min}. \quad (12)$$

$$2z_{max} = 2z_{min} + TD_0 + TD_3. \quad (13)$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14) \gg [22]$$

$$\ll 2z_{min} = 152,342 - 147,332 = 2,51 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 2,51 + 2,1 + 0,025 = 5,754 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,51 + 5,754) = 4,132 \text{ мм} \gg [22].$$

Для оставшихся менее ответственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ [22]. В соответствии с ним минимальный припуск принимается по справочным данным [25]. «Максимальный припуск рассчитывается:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i). \quad (15) \gg [22]$$

«В таблице 2 приведены результаты определения припусков на обработку поверхностей» [2].

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	1	0,6	1,5
	2	0,15	0,36
	3	0,11	0,207
7	1	0,15	1,5
	2	0,11	0,36
8	1	0,8	2,0
	2	0,25	0,53
	3	0,125	0,225
11	1	0,125	0,2
	2	0,05	0,071
12	1	0,60	1,475
	2	0,15	0,325
13	1	0,60	1,555
	2	0,15	0,297

## Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
–	3	0,11	0,178
16	1	0,60	1,475
	2	0,15	0,325
	3	0,11	0,191
18	1	0,5	1,2
	2	0,13	0,38
20	1	0,8	2,0
	2	0,25	0,53
	3	0,125	0,225

«Определяем характеристики заготовки:

- класс размерной точности Т4,
- группа материала М1,
- степень сложности заготовки С2,
- исходный индекс И9» [4].

«По данным характеристикам назначаются допуски на выполнение размеров заготовки» [4].

«Определяем напуски:

- штамповочные уклоны 5°,
- радиус скруглений 4 мм,
- допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм,
- отклонение от concentricности 1 мм» [4].

«Спроектированная заготовка и технические требования на ее выполнение представлены в графической части работы» [2].

## 2.2 Разработка плана изготовления

«Проектирование плана изготовления производится на основе последовательной стратегии с применением типовых технологических процессов. Следует учитывать, что детали должны изготавливаться партиями

в условиях непоточной организации производственного процесса на специализированных рабочих местах» [13].

«План изготовления должен содержать визуализированные сведения о маршруте обработки детали в виде эскизов операций с указанием на них обрабатываемых поверхностей, операционных размеров» [13], допусков на их выполнение и схем базирования.

Основой для формирования маршрута обработки детали являются типовые технологические процессы изготовления деталей данного класса [23], а также результаты выбора методов обработки поверхностей, рассмотренных при проектировании заготовки на этапе определения припусков на обработку.

В таблице 3 приведен сформированный маршрут обработки.

Таблица 3 – Маршрут обработки

Операция	Метод обработки	Номера поверхностей
005 Токарная	«точение» [23]	1, 7, 8, 12, 13, 14, 22, 23
010 Токарная	«точение» [23]	5
015 Токарная	«точение» [23]	1, 4, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22
020 Сверлильная	«сверление, зенкерование, развертывание, резбонарезание» [23]	3, 2, 11
025 Фрезерная	«фрезерование» [23]	17, 18
030 Фрезерная	«фрезерование» [23]	18
035 Сверлильная	«сверление, резбонарезание» [23]	9, 10, 19
040 Токарная	«точение» [23]	1, 8, 13, 14, 16, 22
045 Моечная	«мойка» [23]	все
050 Контрольная	«контроль» [23]	все

При проектировании операций особое внимание следует уделять соблюдению принципов теории базирования, что позволит исключить дополнительные погрешности при обработке и как следствие этого снизить припуски на обработку. Желательно использовать типовые схемы базирования [18], так как они ориентированы на применение стандартных станочных приспособлений, погрешности которых достаточно легко

определить. Кроме этого от принятых схем базирования зависит простановка операционных размеров.

Определение допусков на операционные размеры и технических требований на выполнение операций основано на статистических данных и вероятностных расчетах [19].

«План изготовления детали, спроектированный в соответствии с приведенными рекомендациями, представлен на листе графической части работы» [13].

### **2.3 Технические средства оснащения**

«В состав технических средств оснащения входят: технологическое оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, средства контроля» [13].

«Технологическое оборудование определяется исходя из требуемого метода обработки» [2], характеристик заготовки, режимов резания и необходимой производительности процесса. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному оборудованию, а также оснащённому устройствами программного управления. В случае необходимости реализации методов обработки со сложными формообразующими движениями возможно применение специализированного оборудования. Выбор производим по данным [11].

Выбор станочных приспособлений осуществляется исходя из схемы базирования принятой на операции, формы и размеров базовых поверхностей. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным станочным приспособлениям, имеющим возможность быстрой переналадки на выпуск новой детали и механизированный привод закрепления. В случае невозможности реализации требуемой схемы базирования стандартными приспособлениями допускается применение специальных приспособлений. Выбор производим по данным [12].

«Режущий инструмент выбирается исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и особенностей формы обрабатываемых поверхностей» [2]. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному и стандартизированному режущему инструменту. Возможность применение специального режущего инструмента следует рассматривать только в случае невозможности получения требуемых характеристик обработки стандартным режущим инструментом или в случае получения ощутимого экономического эффекта от применения специального инструмента. Выбор производим по данным [7], [21].

«Средства контроля выбираются исходя из особенностей формы контролируемых поверхностей, их расположения, точности и требований к визуализации результатов контроля. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным и стандартизированным средствам контроля с получением информации о результатах контроля в абсолютных величинах, желательно в цифровом виде» [2]. Выбор производим по данным [1], [16].

В таблице 4 приведены данные по выбору технических средств оснащения.

Таблица 4 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Токарная	«токарный НААС ST-10» [11]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80» [12]	«резец контурный ГОСТ 18879-73» [7]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166- 89, нутромер НМ- 200 ГОСТ 10-88» [1]
010 Токарная	«токарный НААС ST-10» [11]	«оправка клино- плунжерная» [12]	«резец контурный ГОСТ 18879-73» [7]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166- 89» [1]
015 Токарная	«токарный НААС ST-10» [11]	«оправка клино- плунжерная» [12]	«резец контурный ГОСТ 18879-73» [7]	«нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88» [16]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
020 Сверлильная	«вертикально-сверлильный НААС DM-1» [11]	«приспособление специальное» [12]	«сверло специальное, зенкер ГОСТ 12489-87, развертка ГОСТ 1672-80, метчик ГОСТ 9150-81» [21]	«шаблон» [16]
025 Фрезерная	«вертикально-фрезерный НААС TM-1» [11]	«оправка клино-плунжерная» [12]	«фреза концевая насадная специальная» [21]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [1]
030 Фрезерная	«вертикально-фрезерный НААС TM-1» [11]	«оправка клино-плунжерная» [12]	«фреза концевая насадная специальная» [21]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [1]
035 Сверлильная	«вертикально-сверлильный НААС DM-1» [11]	«оправка клино-плунжерная» [12]	«сверло ГОСТ 4010-84, метчик ГОСТ 9150-81» [21]	«нутромер НМ-30 ГОСТ 10-88, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, шаблон» [16]
040 Токарная	«токарный НААС ST-10» [11]	«оправка клино-плунжерная» [12]	«резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73» [7]	«нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88, штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89» [16]

«Средства оснащения технологического процесса заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А «Технологическая документация»» [17].

В качестве выводов по результатам выбора средств оснащения технологического процесса отметим наличие большого количества клино-плунжерных оправок, используемых в качестве станочных приспособлений. Данные станочные приспособления не являются стандартизированными и требуют проведения их проектирования под конкретные условия обработки.

## 2.4 Определение режимов резания и нормирование

Среднесерийный тип производства предполагает, что определение режимов выполнения операций и их нормирование производится на основе расчетно-аналитического метода с применением упрощенных методик и статистических данных [6].

«Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где  $V_T$  – справочное значение скорости резания, м/мин;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материал;

$K_2$  – коэффициент, характеризующий стойкость инструмента и марку инструментального материала;

$K_3$  – коэффициент, характеризующий вид обработки» [6].

«Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (17)$$

где  $d$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [6].

«Скорости резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (18)$$

где  $n_d$  – фактическая частота вращения, об/мин» [6].

«Основное время на выполнение операции рассчитывается по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (19)$$

где  $L_{\text{рх}}$  – длина рабочего хода, мм;

$S_0$  – подача, мм/об» [20].

«Длина рабочего хода рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (20)$$

где  $l_1$  – длина на врезание инструмента, мм;

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

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм» [20].

«В таблице 5 приведены данные по результатам расчета режимов резания и нормирования операций» [13].

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование операций

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об (мм/зуб)	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 А	1	0,25	300	630	47	0,30
	2	0,15	330	630	6	0,06
005 Б	3	0,25	300	630	35	0,22
010	1	0,25	300	630	53	0,34
015 А	1	0,19	530	1000	47	0,25
	2	0,10	620	1000	6	0,06
015 Б	1	0,19	530	1000	35	0,19
020	1	0,11	75	320	14	2,4
	2	0,8	80	125	11	0,1
	3	0,11	75	320	14	0,4
	4	0,5	26	125	14	0,22
	5	0,1	76	320	14	0,44
025	1	0,05	245	1200	39	0,17
030	1	0,025	270	1600	39	0,24
035	1	0,11	75	320	19	0,54
	2	0,11	75	320	14	0,8
	3	0,8	80	125	11	0,1
040 А	1	0,162	640	1250	47	0,25
040 Б	1	0,162	640	1250	23	0,12
	2	0,09	640	1250	6	0,06

«Режимы резания и результаты нормирования операций заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А «Технологическая документация», а также в чертежах технологических наладок графической части работы» [24].

В качестве выводов по результатам определения режимов резания и нормирования операций технологического процесса отметим, что 020 операция является лимитирующей. Необходимо провести детальный анализ данной операции, включая анализ структуры времени выполнения операции и составляющих режимов резания. Выявить технические факторы, оказывающие максимальное влияние на увеличение времени выполнения данной операции и устранить их.

В данном разделе проектируется технология изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов выполнения операций и их нормирования.

### 3 Разработка специальных технических средств оснащения

#### 3.1 Разработка клино-плунжерной оправки

По результатам выбора средств оснащения технологического процесса было выявлено наличие большого количества клино-плунжерных оправок, используемых в качестве станочных приспособлений. Данные станочные приспособления не являются стандартизированными. Следовательно, требуется проведение их проектирования под конкретные условия обработки. Рассмотрим наиболее сложный случай проектирования для выполнения операции тонкого точения, эскиз которой представлен на рисунке 2. Проектирование проводим по методике [8].

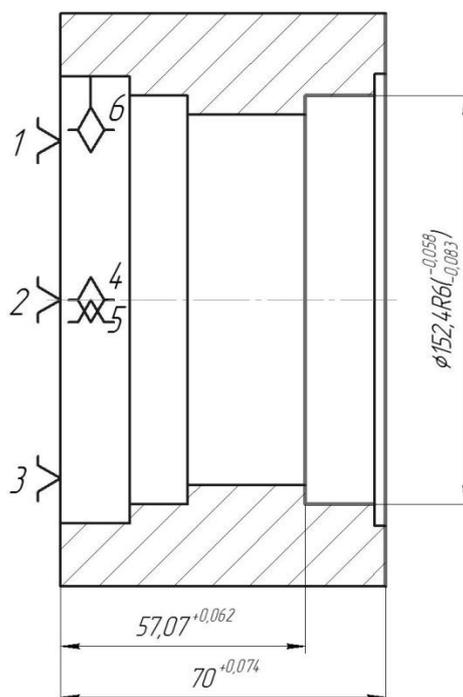


Рисунок 2 – Эскиз операции тонкого точения

Силовой расчет приспособления заключается в поиске требуемого усилия закрепления, который выполняется исходя из сил резания схемы закрепления приведенной на рисунке 3.

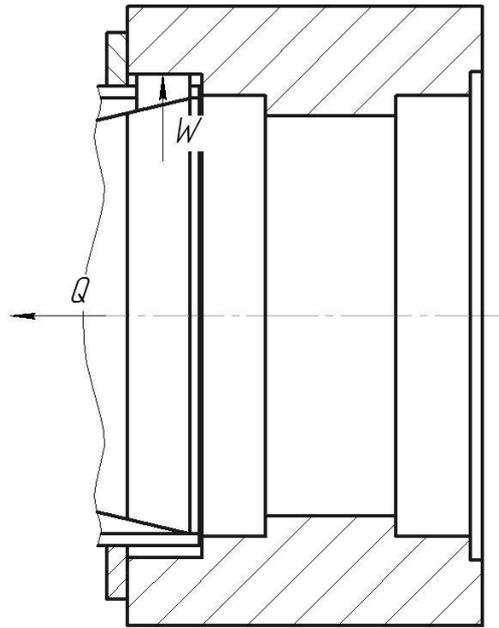


Рисунок 3 – Схема закрепления

«Из схемы следует, что на усилие закрепления оказывает влияние только составляющая силы резания  $P_Z$ » [8], так как составляющая силы резания  $P_Y$  направлена в сторону базовой поверхности и осуществляет ее прижим к установочным элементам тем самым по сути участвуя в процессе закрепления. Следовательно, усилие закрепления должно удерживать заготовку в процессе обработки от воздействия момента, возникающего под действием силы резания  $P_Z$ . «Данный момент может быть рассчитан по формуле:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (21)$$

где  $d_0$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [8].

«Основную составляющую силы резания определяем по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (22)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, зависящие от

конкретных условий обработки;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – фактическая скорость резания, м/мин;

$K_p$  – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала» [8].

$$P_Z = 10 \cdot 200 \cdot 0,162^{1,0} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 640^{-0,15} \cdot 0,98 = 349 \text{ Н.}$$

«Уравновешивающий момент силы закрепления определяем по формуле:

$$M_{3P_Z} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (23)$$

где  $W$  – сила закрепления, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхностей заготовки и зажимных элементов приспособления;

$d_3$  – диаметр закрепления, мм» [8].

«Из уравнения равновесия моментов определяем силу закрепления:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (24)$$

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

«Коэффициент запаса определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (25)$$

где:  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1$  – коэффициент, характеризующий состояние обрабатываемой

поверхности;

$K_2$  – коэффициент, характеризующий увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента;

$K_3$  – коэффициент, характеризующий прерывистость процесса резания;

$K_4$  – коэффициент, характеризующий стабильность усилия зажима;

$K_5$  – коэффициент, характеризующий эргономические показатели привода» [8].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

«Коэффициента запаса менее 2,5, следовательно, необходимо его принять равным 2,5» [8].

«Рассчитываем значение силы закрепления:

$$W = \frac{349 \cdot 152,4}{3 \cdot 0,2 \cdot 160} \cdot 2,5 = 1385 \text{ Н} \text{» [8].}$$

«Данное расчетное значение силы закрепление обеспечивается клино-плунжерным зажимным механизмом. В таком случае усилие, которое должен развивать силовой привод определяется по формуле:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (26)$$

где  $\alpha$  – угол плунжера, град;

$\varphi$  – угол трения плунжера, град» [8].

$$Q = 1385 \cdot \operatorname{tg}(20 + 6,5) = 691 \text{ Н.}$$

«Диаметр поршня пневматического привода определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (27)$$

где  $P$  – давление воздуха в системе, МПа» [8].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{691}{0,4}} = 83 \text{ мм.}$$

«Точность приспособления определяется на основе схемы погрешностей приведенной на рисунке 4» [8].

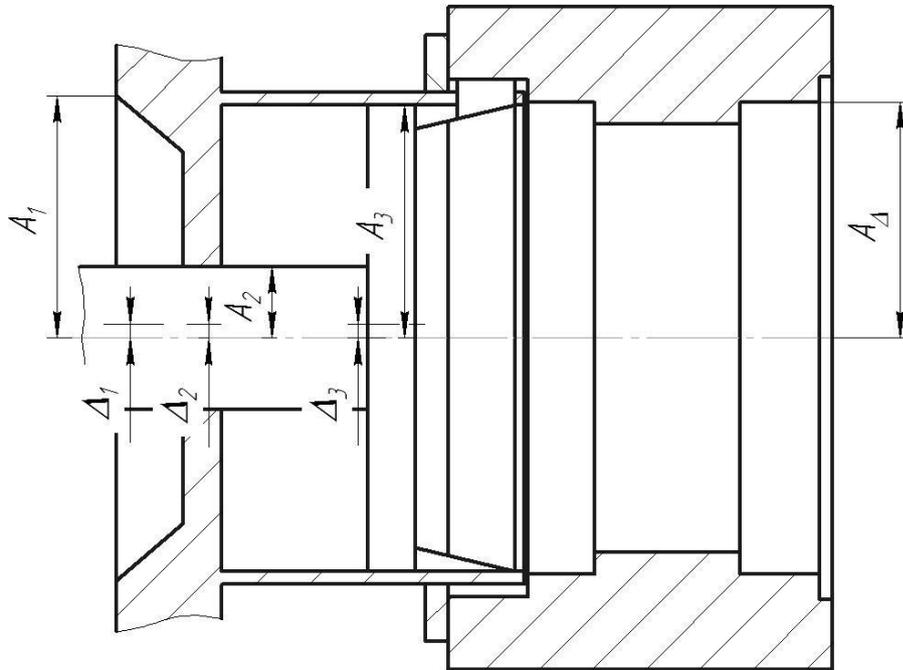


Рисунок 4 – Схема погрешностей

«Исходя из вероятностной природы возникновения погрешностей, составляем уравнение для определения погрешности установки в данном приспособлении:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (28)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца шпинделя, мм;

$\Delta_2, \Delta_3$  – погрешность вызванная колебанием зазоров в сопряжениях, мм» [8].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,003^2 + 0,025^2 + 0,016^2} = 0,012 \text{ мм.}$$

«Конструкция приспособления состоит из привода, обеспечивающего создание усилия закрепления и корпуса, в который устанавливается клино-плунжерный механизм» [8].

«Подробно конструкция приспособления представлена в графической части работы и приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [2].

### 3.2 Разработка сверла

По результатам определения режимов резания и нормирования операций технологического процесса выявлено, что 020 операция является лимитирующей. Детальный анализ данной операции показал, что снижение времени выполнения операции в данном случае возможно только ужесточением режимов резания. Простое увеличение режимов резания приведет к резкому снижению стойкости сверла, необходимости его частой замены и увеличению расходов на инструменты. Спроектируем сверло способное обеспечить увеличение режимов резания без потери стойкости в заданных условиях обработки [5].

«Расчетное значение диаметра сверла:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \quad (29)$$

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

$TD$  – допуск диаметра отверстия, мм» [5].

Результаты расчета.

$$D = 5,2 + \frac{0,48}{2} = 5,224 \text{ мм.}$$

Допуск на расчетный диаметр сверла назначается из условия обеспечения требуемой точности обработки, которая в данном случае соответствует десятому качеству. В соответствии с принятыми нормами проектирования допуск должен соответствовать восьмому качеству, что

составляет 0,022 мм.

Проблему увеличения стойкости сверла решим путем изменения его конструкции. За основу принимаем сверло стандартной конструкции из быстрорежущей стали P18Ф ГОСТ 19265-73. В конструкцию сверла добавляем режущую вставку из поликристаллического нитрида бора, выполненную в виде цилиндра, вставленного в центральную часть со стороны режущих кромок [5].

«Диаметра режущей вставки определяется по формуле:

$$d = \frac{D}{6}, \quad (30)$$

где  $D$  – расчетный диаметр сверла, мм» [5].

«Результаты расчета.

$$d = \frac{5,224}{6} = 0,87 \text{ мм} \text{» [5].}$$

Для удобства исполнения в конструкции сверла округлим полученной значение до 0,9 мм.

Кроме применения вставки для увеличения стойкости сверла в его конструкции предлагается применить «нанесение на режущие кромки сверла покрытия нитрида молибдена в виде пленки толщиной от 2 до 10 мкм» [5].

«Геометрические характеристики сверла принимаем исходя из требований к точности обработки, качеству обработанной поверхности и свойств обрабатываемого материала» [5]. «Принимаем следующие геометрические характеристики: угол заострения равен  $118^\circ$ , задний угол равен  $8^\circ$ , передний угол равен  $12^\circ$ » [5].

Далее проводим проверку хвостовика сверла на максимально допустимый момент. «Максимально допустимый момент рассчитывается по формуле:

$$M = \mu \cdot P_3 \cdot D, \quad (31)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения в зоне контакта;

$P_3$  – сила закрепления, Н;

$D$  – диаметр хвостовика, мм» [5].

«Результаты расчета.

$M = 0,1 \cdot 80 \cdot 6,5 = 52 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ » [5].

Хвостовик считается отвечающим требованиям если расчетный максимально допустимый момент больше, чем момент, возникающий в процессе обработки, который составляет 34 Н·мм. Из приведенного расчета видно, что хвостовик отвечает заданным требованиям.

Предлагаемая конструкция сверла позволит увеличить его стойкость до 8 раз. «Подробнее конструктивные особенности сверла представлены на чертеже графической части и приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [9].

«В данном разделе решены задачи по совершенствованию технологии. Для их решения производится проектирование клино-плунжерной оправки и специального сверла» [13].

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В таблице 6 приведены конструктивно-технологические характеристики рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 6 – Конструктивно-технологические характеристики

Операции	Оборудование	Приспособления	Инструменты
токарные	«токарный HAAS ST-10» [11]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80» [12], «оправка клино-плунжерная» [12]	«резец контурный ГОСТ 18879-73» [7]
сверлильные	«вертикально-сверлильный HAAS DM-1» [11]	«приспособление специальное» [12]	«сверло специальное, зенкер ГОСТ 12489-87, развертка ГОСТ 1672-80, метчик ГОСТ 9150-81» [31]
фрезерные	«вертикально-фрезерный HAAS TM-1» [11]	«оправка клино-плунжерная» [12]	«фреза концевая насадная специальная» [31]

В ходе выполнения технологического процесса используются: масла, смазочные материалы, смазочно-охлаждающие жидкости, обтирочная ветошь, средства транспортировки.

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Определение профессиональных рисков производим на основании Приказа Минтруда России от 28.12.2021 N 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков», исходя из опасных и/или вредных производственно-технологических факторов, которые определяются

согласно ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Результаты идентификации профессиональных рисков приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Источники возникновения рисков	Риски	Опасные и вредные производственные факторы
технологическое оборудование и средства технологического оснащения, транспортные средства	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; падающие деревья и их части; струи и волны, включая цунами; ветер и вихри, включая смерчи и торнадо)» [3]
	«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [3]
	«заболевания кожи (дерматиты)» [3]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	«психоэмоциональные перегрузки» [3]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]

Продолжение таблицы 7

Источники возникновения рисков	Риски	Опасные и вредные производственные факторы
–	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [3]	«воздействие общей вибрации на тело работника» [3]
	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [3]
	«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [3]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]

Из таблицы 7 можно сделать вывод о том, что риски, а также опасные и вредные производственные факторы являются типовыми для производств механической обработки.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Разработка методов и средств снижения профессиональных рисков производится на основе «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» [3], а также на основе «Приказа Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [3].

«В соответствии с определенными рисками выбираем следующие мероприятия: 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 обучения по охране труда, в том числе обучения безопасным методам и приемам выполнения работ, обучения по оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, обучения по использованию (применению) средств индивидуальной защиты, инструктажей по охране труда, стажировки на рабочем месте (для определенных категорий работников) и проверки знания требований охраны труда; проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований); устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов; 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» [3].

С целью снижения профессиональных рисков применяются следующие методы и средства: «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [3]; «использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с системами удаления указанных веществ» [3]; «организация обучения, инструктажей, стажировки, проверки знаний, установка предупреждающих знаков, визуальных и звуковых предупреждающих сигналов, утверждение правил поведения на рабочих местах, правильное применение средств индивидуальной защиты» [3]; «применение вибропоглощения и виброизоляции» [3]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [3]; «проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [3]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение» [3]; «ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [3].

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Пожарная безопасность на производственном участке обеспечивается путем разработки соответствующих организационных мероприятий и выбора технических средств. Для этого необходимо определить характеристики

здания с точки зрения пожарной безопасности.

«Характеристика производственного корпуса по пожароопасности: категория по взрыво и пожаробезопасности – пожароопасное; степень огнестойкости зданий и сооружений – из негорючих 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 возможно возникновение пожаров, связанных с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов, то есть класс пожара» [3].

Далее по указанным характеристикам определяются основные опасные факторы 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).

Исходя из полученных данных, предлагаются следующие организационные мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности. В качестве технических средств предлагаются средства, приведенные в таблице 8.

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
«ведра, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна, ломы, пилы» [3]	«мотопомпа пожарная, передвижные огнетушители» [3]	«пожарный извещатель» [3]	«гидранты, колонки, стволы, рукава, пожарный щит класса ЦП-А» [3]	«оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»» [3]

При выборе конкретных моделей приведенных в таблице 8 технических средств по обеспечению пожарной безопасности следует отдавать предпочтение наиболее распространенным и стандартным средствам. Это упростит организацию обеспечения пожарной безопасности в производственном корпусе и упростит организацию обслуживания самих технических средств.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта**

«Экологическая безопасность характеризуется воздействием рассматриваемого технологического процесса на атмосферу, гидросферу и литосферу» [3]. Рассмотрим основные отходы и выбросы, образующиеся в ходе выполнения технологического процесса. В гидросферу и литосферу: «масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [3]. В атмосферу незначительное количество паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли.

«Мероприятия и технические средства, позволяющие уменьшить и устранить влияние определенных ранее отходов и выбросов разрабатываются на основании ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» и ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» разрабатываем мероприятия по обеспечению экологической безопасности» [3].

Результаты определения организационно-технических мероприятий по обеспечению экологической безопасности приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности

Объект воздействия	Отходы и выбросы	Мероприятия и/или технического средства
атмосфера	«пары смазочно-охлаждающей жидкости, абразивная пыль» [3]	«использование систем фильтрации воздуха на основе электрофильтров и абсорберов» [3]
гидросфера	«масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [3]	«использование отстойников, решеток, аэраторов» [3]
литосфера	«масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и стружки, металлический лом, мусор промышленный» [3]	«использование отдельной переработки отходов, повторная переработка металлического лома утилизация отходов на специальных полигонах» [3]

В данном разделе принятые проектные решения проверяются на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения. В результате анализа были выявлены риски, возникающие в ходе выполнения технологического процесса, характеристики пожарной безопасности и влияние на экологию. Предложены организационные мероприятия и технические средства, обеспечивающие безопасность и экологичность выполнения технологического процесса.

## 5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления заданной детали. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 5).



Рисунок 5 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 5, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данных операций. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 0,799 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 6.

Как видно из рисунка 6, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования.

Для его определения используют специальную методику [15], которая позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 7.

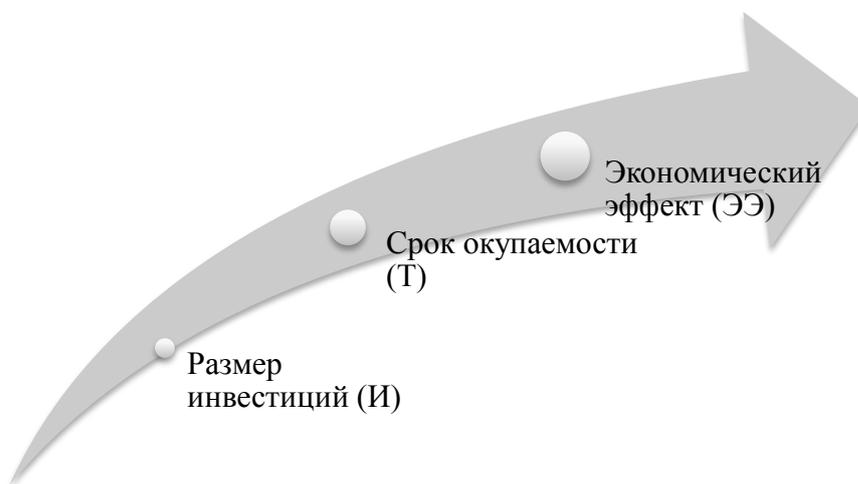


Рисунок 6 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

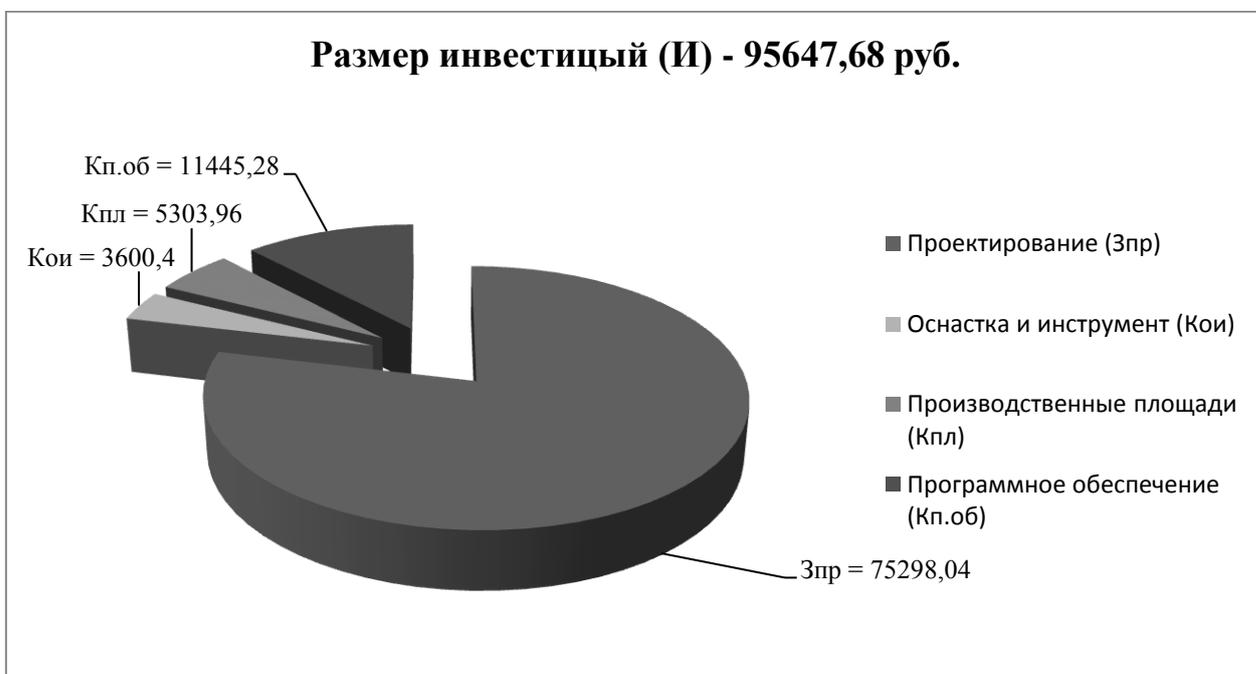


Рисунок 7 – Итоговый размер инвестиций и его детализация

Как видно из рисунка 7, самую весомую долю в инвестициях занимает такая статья затрат, как «затраты на проектирование ( $Z_{ПР}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций составит 78,72 %, это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Далее по величине, следуют затраты на программное обеспечение ( $K_{П.ОБ}$ ), которые составляют 11,97 % от размера всех инвестиций. Это связано с тем, что любое изменение в технологическом процессе требует адаптации программного обеспечения на оборудовании с ЧПУ. Все остальные статьи затрат такой весомости в размере инвестиций не имеют, но малыми долями его увеличивают.

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (32):

$$T = \frac{И}{П_{ЧИСТ}} + 1, \quad (32)$$

где « $П_{ЧИСТ}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [15]

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 83,93$  руб. и  $C_2 = 59,06$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $П_{Г} = 8000$  шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [15] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (32) можно представить в развернутом формате в формуле (33)

$$T = \frac{И}{(C_1 - C_2) \cdot П_{Г} \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1, \quad (33)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [15].

$$T = \frac{95647,68}{(83,93-59,06) \cdot 8000 \cdot (1-0,2)} + 1 = 1,601 = 2 \text{ года.}$$

Экономический эффект определяется по формуле (34), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T P_{\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - И, \quad (34)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [15].

$$\text{ЭЭ} = \left( 159168 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} \right) \right) - 95647,68 = 14814,91 \text{ р.}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 14814,91 руб. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

В результате выполнения данного раздела определены экономические показатели проектируемого варианта технологии. По результатам расчетов предлагаемый вариант следует признать эффективным.

## Заключение

«Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стало достижение ее цели, которая заключалась в разработке такой технологии изготовления втулки сверлильной головки, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях и требуемое качество изготовления» [13].

«Для ее достижения были выполнены следующие мероприятия» [13]:

- «анализируются имеющиеся данные характеризующие конструктивные особенности детали и особенности типа производства, результатом анализа являются задачи работы» [13];
- «проектируется технология изготовления детали, для этого производится выбор и проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение требуемых технических средств оснащения, определение режимов выполнения операций и их нормирование» [13];
- «решаются задачи по совершенствованию технологии, для этого производится проектирование клино-плунжерной оправки» [13] и специального сверла;
- принятые проектные решения проверяются на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения;
- оцениваются экономические показатели технологии и результатов ее совершенствования;
- разрабатывается конструкторско-технологическая документация, необходимая в соответствии с требованиями проектирования единой системы технологической подготовки производства.

Спроектированный технологический процесс изготовления втулки сверлильной головки отличается высокой степенью соответствия критериям современного гибкого производства.

## Список используемых источников

1. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. – Электрон. дан. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
2. Бурчаков Ш. А. Технология машиностроения : учебное пособие / Ш. А. Бурчаков. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346982> (дата обращения: 19.04.2024).
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, 2024. – 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. Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента : учебник / С. Н. Григорьев. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 2023. – 368 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307286> (дата обращения: 20.03.2024).
6. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки: учебное пособие / С. В. Грубый. – Москва; Вологда : Инфра – Инженерия, 2021. – 200 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833110> (дата обращения: 05.04.2024).
7. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 11.04.2024).
8. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие / Иванов И.С. – М.: НИЦ ИНФРА –М, 2018. – 198 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/959399> (дата обращения: 21.04.2024).

9. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 05.04.2024).

10. Иванов И. С. Технология машиностроения: учебное пособие / И.С. Иванов. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836626> (дата обращения: 16.04.2024).

11. Каталог продукции «haascnc». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.int.haascnc.com> (дата обращения: 29.03.2024).

12. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 06.04.2024).

13. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 21.04.2024).

14. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА –М, 2019. – 269 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008022> (дата обращения: 18.04.2024).

15. 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: 24.04.2024).

16. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, В. В. Карпузов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 198 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/316970> (дата обращения: 19.03.2024).

17.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: 16.04.2024).

18.Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций: электрон. учеб. –метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва». – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 27.03.2024).

19.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: 27.03.2024).

20.Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / В. В. Марков, А. В. Сметанников, П. И. Кискеев [и др.]. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 136 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346967> (дата обращения: 30.03.2024).

21. 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.

22.Справочник технолога-машиностроителя в 2-х тт : справочник / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров [и др.] ; под редакцией А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Машиностроение, 2023. – 1574 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307325> (дата обращения: 16.04.2024).

23.Сысоев С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие для вузов / С. К. Сысоев, А. С.

Сысоев, В. А. Левко. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 352 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/383858> (дата обращения: 11.04.2024).

24. Трофимов А. В. Основы технологии машиностроения. Типовые технологические процессы в машиностроении : учебное пособие для студентов / А. В. Трофимов, И. А. Зверев ; под редакцией А. В. Трофимова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 64 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/257828> (дата обращения: 25.03.2024).

25. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

26. Химический состав и физико-механические свойства алюминиевого сплава Д-16 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cu-prum.ru/alyuminij1/splav-d16.html> (дата обращения: 08.03.2024).



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 Оправка клино-плунжерная; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 ВК6;														
Т20	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.														
21															
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 23	381101 Токарный HAAS ST-10 3 18217 422 1P 1 1 1 1200 1 0,63														
О 24	Точить поверхности 8,14, в размер $\phi 158,94_{-0,16}$ ; $\phi 151,684_{-0,16}$ ; торцы 7, 12, 13 в размер $51,8_{-0,1}$ ; $49,5_{-0,1}$ ;														
О 25	$43,28_{-0,1}$ ; пов. 22 в размер $\phi 151,684_{-0,16}$ ; торцы 1, 16 в размер $51,71_{+0,25}$ ; $38,76_{+0,25}$														
Т 26	396110 Оправка клино-плунжерная; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 ВК6; 393450 Нутромер														
Т 27	НМ-200 ГОСТ10-88.														
28															
А 29	XX XX XX 020 4121 Сверлильная														
Б30	381213 Вертикально-сверлильный HAAS DM-1 3 15292 422 1P 1 1 1 1200 1 3,49														
О31	Сверлить, зенкеровать, развертывать пов. 2 в размер $\phi 5,5_{+0,07}$ , нарезать резьбу пов 3 М6х0,8														
Т 32	396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло ГОСТ4010-84 Р18; 391690 Зенкер ГОСТ12489-87 Р18;														
Т 33	391790 Развертка ГОСТ1672-80 Р18; 391391 Метчик ГОСТ9150-80 Р18; 393610 Шаблон.														
34															
А35	XX XX XX 025 4262 Фрезерная														
Б36	381631 Фрезерный HAAS TM-1 3 18632 422 1P 1 1 1 1200 1 0,22														
О37	Фрезеровать поверхности 17 и 18 в размер $37,5_{+0,25}$ ; $86,38_{+0,4}$ .														
Т 38	396171 Оправка клино-плунжерная; 391801 Фреза специальная твердосплавная ВК6;														
Т 39	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.														
Т 40															
41															
МК															

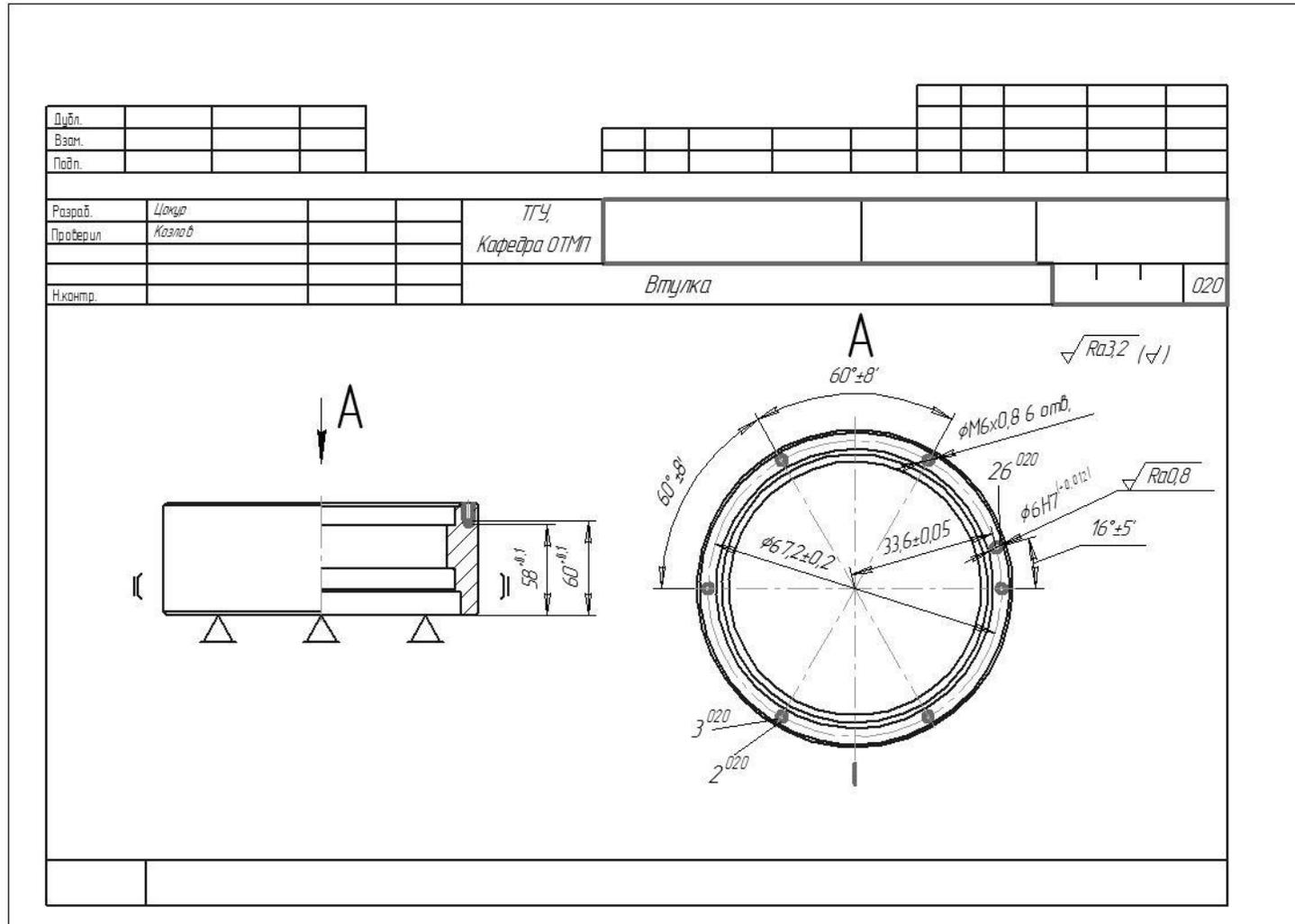
Продолжение Приложения А

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		
А42	XX	XX	XX	030	4262 Фрезерная													
Б43	381631				Фрезерный НААС ТМ-1 3	18632	422	1Р	1	1	1	1200	1				0,3	
О 44	Фрезеровать поверхность 17 в размер 86 <sup>+0,10</sup>																	
Т 45	396171 Оправка клино-плнжерная; 391801 Фреза специальная твердосплавная ВК6;																	
Т 46	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89.																	
47																		
А48	XX	XX	XX	035	4121 Сверлильная													
Б49	381213				Вертикально-сверлильный НААС DM-1,3	15292	422	1Р	1	1	1	1200	1				1,8	
О 50	Сверлить поверхность 19 в размер $\phi 15^{+0,4}$ , сверлить поверхность 10 в размер $\phi 5,5^{+0,07}$ , нарезать																	
О 51	резьбу поверхность 9 в размер М6х0,8.																	
Т 52	396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло ГОСТ 4010-84 Р18; 391391 етчик Р18 ГОСТ 9150-80																	
Т 53	393610 Шаблон; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 393450 Нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88.																	
54																		
А55	XX	XX	XX	040	4110 Токарная													
Б 56	381101				Токарный НААС ST-10	3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,63	
О 57	Точить поверхности 8, 14 в размер $\phi 160^{+0,04}$ , $\phi 152,4^{+0,050}$ ; торцы 7, 12 13 в размер 51,5 <sup>0,1</sup> ; 49 <sup>0,071</sup> ; 43 <sup>0,062</sup> ;																	
О 58	пов. 22 в размер $\phi 152,112^{0,025}$ ; торцы 1, 16 размер 51,7 <sup>0,062</sup> ; 38 <sup>0,062</sup>																	
Т 59	396110 Оправка клино-плнжерная; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 ВК6; 393450 Нутромер																	
Т60	НМ-200 ГОСТ 10-88.																	
61																		
А 62	XX	XX	XX	045	Моечная													
63																		
А 64	XX	XX	XX	050	Контрольная													
МК																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	Цоцко			ТГУ								
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП								
Исполн.				Втулка					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
												020
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД	
Сверлильная		д16 ГОСТ 4784-74		НВ 50	166	0,8	№184x73,25			0,9	1	
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	слож				
HAAS DM-1				3,12			3,49	Угловой-1				
		пи	о или в	L	t	i	s	p	v			
от	1. Установить заготовку											
Т <sub>от</sub>	396171 Приспособление специальное; 391290 Сверло ГОСТ 4010-84 Р18; 391690 Зенкер ГОСТ 12489-87 Р18;											
Т <sub>от</sub>	391790 Развертка ГОСТ 1672-80 Р18; 391391 Метчик ГОСТ 9150-80 Р18; 393610 Шаблон.											
о <sub>от</sub>	2. Сверлить, зенкеровать, развертывать поверхность 26, нарезать резьбу пов 3 выдерживая											
о <sub>от</sub>	размеры согласно эскиза.											
Р <sub>от</sub>		1				2,75	0,11	320	18,1			
Р <sub>от</sub>		2				1	0,80	150	13,6			
Р <sub>от</sub>		3				2,75	0,11	320	13,6			
Р <sub>от</sub>		4				0,163	0,50	150	13,6			
Р <sub>от</sub>		5				0,0605	0,10	320	13,6			
Т <sub>от</sub>	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.											



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 2118-82				Форм 1	
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
Разраб.	Цыба				ТГУ										
Проверил	Козлов				Кафедра ОТМП										
Н.контр.					Втулка					Цех	Уч.	Р.М.	Опер.		
Наименование операции		Материал			Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД			
Токарная		Д16 ГОСТ 4784-74			НВ 50	166	0,8	Ø184x73,25			0,9	1			
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы			то	тв	тгв	тип	слож						
HAAS ST-10					0,43			0,54	Угловой-1						
		пи	о или в	Л	т	и	с	п	v						
01	1. Установить заготовку														
Т. 02	396110 Оправка клино-плунжерная; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 ВК6; 393450 Нутромер														
0. 03	НМ-200 ГОСТ10-88.														
Р. 04	2. Точить поверхности 8, 14, 16, 22 ; торцы 1, 7, 12, 13, 16														
05		1					0,15↑		0,25	1250	640				
06		2					0,15↑		0,2	1250	640				
07		3					7		0,2	1250	640				
08	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.														
09															
10															





