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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления

Студент А.В. Клименко
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент А.А. Козлов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты к.э.н. Н.В. Зубкова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.В. Краснов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Клименко Андрей Валерьевич. Технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Цель работы заключается в проектировании технологического процесса изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления, который обеспечит требуемые показатели качества изготовления, требуемый объем производства и минимальную себестоимость изготовления. Для достижения данной цели были решены следующие задачи: проектирование максимально эффективного технологического процесса; проектирование технологических операций; совершенствование лимитирующих операций; определение безопасности и экологичности выполнения техпроцесса; расчет экономических показателей техпроцесса.

В структуру работы входят пять основных разделов, приложения и графическая часть. Первый раздел работы содержит анализ исходных данных, на основе которого формулируются основные задачи, решение которых направлено на достижение намеченной цели. Второй раздел посвящен проектирования заготовки, плана изготовления детали, выбору средств технологического оснащения и проектированию технологических операций. Третий раздел содержит решения по совершенствованию лимитирующих операций путем проектирования специальных средств технологического оснащения. Четвертый раздел содержит оценку безопасности и экологичности выполнения техпроцесса. Пятый раздел посвящен определению экономической эффективности предлагаемых технических решений.

Пояснительная записка содержит 64 страниц, графическая часть содержит 7 листов формата А1.

Содержание

Введение…….....3
1 Анализ исходных данных…….……...4
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации…….……...4
1.2 Технологические характеристики детали…….5
1.3 Выбор параметров техпроцесса……..……...8
1.4 Формулировка задач работы……..9
2 Разработка технологической части работы……...……11
2.1 Проектирование заготовки……..….11
2.2 Проектирование плана изготовления……..19
2.3 Определение средств оснащения техпроцесса……..…….20
2.4 Разработка технологических операций……..…….22
3 Проектирование специальных средств оснащения…….....26
3.1 Проектирование станочного приспособления……26
3.2 Проектирование режущего инструмента……....32
4 Безопасность и экологичность технического объекта...…….35
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта……35
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 технического объекта……..44
5 Экономическая эффективность работы…….....46
Заключение…….....50
Список используемых источников……51
Приложение А Технологическая документация……..54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам……62

Введение

Сверлильные станки составляют около четверти всего станочного парка промышленных предприятий нашей страны. Больше всего распространены вертикально-сверлильные, настольные и радиально-сверлильные станки, что объясняется их широкой универсальностью, неприхотливостью и широким спектром выполняемых работ. На сверлильных станках можно производить операции сверления, зенкерования, развертывания глухих и сквозных отверстий, нарезания резьбы, в ряде случаев можно проводить расточные работы, так как такая операция с точки зрения экономических затрат более эффективна. Еще большую универсальность сверлильному оборудованию придает применение соответствующих станочных приспособлений. Наиболее распространены поворотные приспособления, которые позволяют выполнять операции сверления отверстий расположенных с разных сторон заготовки или по её окружности, производить многошпиндельную обработку, выполнять обработку со стороны установочной базы. Данные приспособления можно применять на всех типах сверлильного оборудования, что обеспечивает их широкое применение. Конструктивно поворотные приспособления отличаются расположением оси вращения, которая может быть выполнена горизонтально, вертикально или наклонно. Исходя из области применения, к данным приспособлениям предъявляются определенные технические требования. Кроме их обеспечения необходимо также обеспечить минимальную стоимость приспособления. В ходе выполнения работы рассматривается технология изготовления втулки такого приспособления.

На основании вышесказанного цель работы заключается в проектировании технологического процесса изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления, который обеспечит требуемые показатели качества изготовления, требуемый объем производства и минимальную себестоимость изготовления.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации

Назначение втулки делительного механизма сверлильного приспособления заключается в базировании подшипников вала привода механизма поворота. Подшипники устанавливаются во внутренние цилиндрические поверхности и упираются в торцы. Втулка устанавливается в корпусе при помощи специально выполненной лыски, что обеспечивает необходимую ориентацию поверхностей при сборке и необходимую ее точность.

Такое служебное назначение детали и большое количество сопрягаемых с другими деталями поверхностей обуславливает сложность ее конструкции с наличием сложного профиля как снаружи детали, так и внутри.

Условия эксплуатации детали могут отличаться, но в большинстве случаев эксплуатация осуществляется в производственных помещениях, что уменьшает влияние внешних климатических факторов.

Кроме этого на втулку могут воздействовать случайные факторы, такие как попадание посторонних предметов, в ходе транспортировки и наладки приспособления ряд других случайных факторов, появление которых трудно спрогнозировать.

Имеется также воздействие и внутренних факторов, возникающих из-за физики производственного процесса. К таким факторам относят: повышение температуры в процессе резания; воздействие вибраций, которые возникают в процессе обработки, а также могут передаваться от другого оборудования; влияние химически активной смазочно-охлаждающей жидкости; наличие стружки.

Влияние оказывают и технические факторы, связанные с конструктивными особенностями приспособления, например, недостаточная

смазка зоны контакта трущихся поверхностей и ряд других.

Каждый из этих факторов по отдельности не представляет большой опасности для детали в процессе эксплуатации, так как значения их физических величин невелики. Однако комплексное влияние данных факторов может привести к преждевременному выходу из строя. Наиболее подвержены данному влиянию самые точные поверхности. В связи с этим в ходе проектирования технологического процесса следует особое внимание уделить качеству получения наиболее ответственных поверхностей.

1.2 Технологические характеристики детали

Оценка технологических характеристик детали во многом определяет технологию ее изготовления, поэтому данному этапу следует уделить серьезное внимание. Вначале определим, какие поверхности имеют определяющее значение в конструкции рассматриваемой втулки. Для этого используя методику [11] классифицируем их по служебному назначению. Каждой поверхности на эскизе детали присваиваем свой номер (рисунок 1.1).

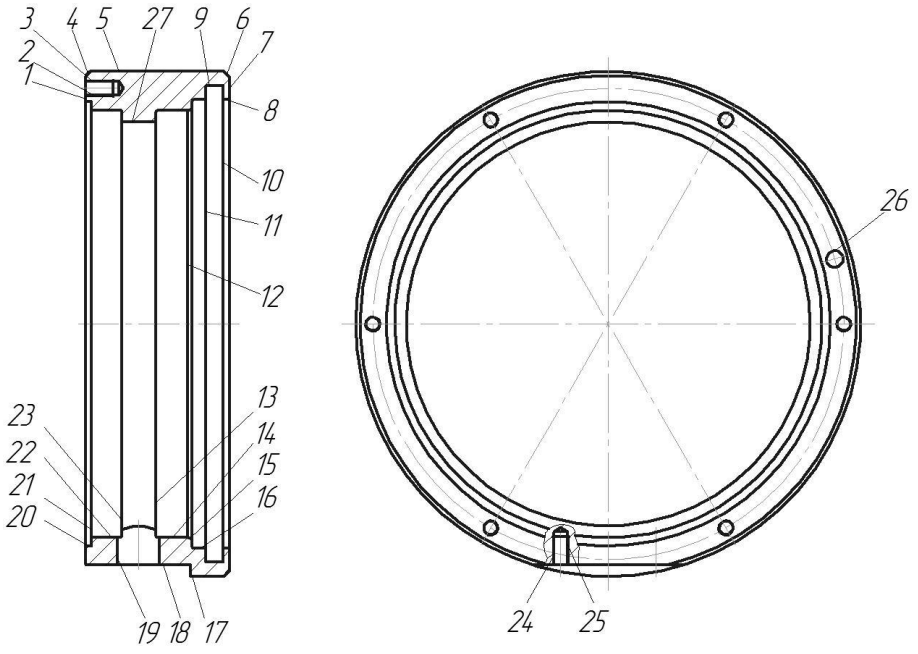


Рисунок 1 – Эскиз детали

В качестве основных конструкторских баз на данной детали используются поверхности 11, 18, 22. Вспомогательными конструкторскими базами являются поверхности 8, 12. Поверхностями, исполняющими служебное назначение детали, то есть исполнительными, являются поверхности 3, 8, 12, 16, 9. Данные поверхности являются наиболее ответственными поверхностями детали, обработке которых следует уделить особое внимание. Все остальные поверхности являются свободными, то есть формирующими контур детали. Как правило, такие поверхности не имеют существенных требований по точности их изготовления. Как видно, число ответственных поверхностей относительно не велико, что снижает количество необходимых технологических переходов для получения втулки.

Анализ материала детали в данном случае представляет интерес с точки зрения технологических характеристик его механической обработки и получения заготовки. Материал рассматриваемой втулки алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-74. Данный материал имеет следующие механические характеристики [23]: предел прочности при растяжении составляет $\sigma_{\text{В}} = 360$ МПа, коэффициент обрабатываемости резанием лезвийным инструментом, в случае применения в качестве режущей части твердого сплава равен 1,55, в случае применения в качестве режущей части быстрорежущей стали равен 1,3. Такие характеристики обеспечивают хорошие показатели обрабатываемости материала без применения дорогостоящих инструментальных сплавов.

С точки зрения получения заготовки алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-74 обладает как литейными, так и штамповочными свойствами. Исходя из конструктивных особенностей детали и рекомендаций [3] наиболее подходят в данном случае методы получения заготовки литьем в кокиль и штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе. Более детально данный вопрос рассмотрим в последующих пунктах данной работы.

Для оценки конструкции детали на технологичность воспользуемся рекомендациями [17]. Втулка имеет сложную конфигурацию, что

обусловлено ее служебным назначением и конструктивными особенностями всего механизма в целом. При этом сами поверхности отвечают всем критериям технологичности согласно принятой методике оценки. Все размеры поверхностей и значения их шероховатостей приняты по стандартному ряду, а форма поверхностей и их взаимное расположение не требует применения специальных методов обработки или специальных средств технологического оснащения.

Технологичность изготовления втулки может быть оценена также на основании методики [21]. Базирование заготовки на операциях механической обработки можно осуществить с применением типовых схем базирования [22], что достаточно легко реализуется имеющимися поверхностями детали. При этом обеспечивается соблюдение основных принципов базирования без применения каких-либо специальных технических средств и создания дополнительных поверхностей на заготовке.

Механическая обработка поверхностей детали может быть обеспечена стандартными методами и средствами обработки на основе типовых технологических процессов обработки. При этом не требуется применения специального оборудования и средств технологического оснащения, то есть возможно использование только универсальных и специализированных средств оснащения, что положительно скажется как на качестве принятия проектных решений, так и на экономических показателях проектируемого техпроцесса.

Следует заметить, что форма и характеристики поверхностей втулки позволяют применить станки, оснащенные системой числового управления, что также положительно скажется на экономических показателях техпроцесса.

Из проведенного анализа технологических характеристик детали можно сделать заключение о ее технологичности по всем рассмотренным в данном разделе критериям, что позволит применять при проектировании стандартные методики, основанные на известных технических решениях с

незначительной их доработкой с учетом конструктивных особенностей детали.

1.3 Выбор параметров техпроцесса

Цель выполнения данного пункта заключается в выявлении характерных для данного производства параметров, что позволит определить его ключевые особенности и обеспечить максимальную эффективность проектируемого технологического процесса.

Параметры техпроцесса [10] в первую очередь зависят от типа производства, в котором предполагается изготовление детали. Его определение основано на знании годовой программы выпуска и массы детали [8]. Программа выпуска составляет 8000 штук в год, масса детали 0,8 кг, что соответствует среднесерийному типу.

В соответствии со среднесерийным типом проектируемый технологический процесс должен иметь следующие параметры:

- техпроцесс разрабатывается на основе последовательной стратегии проектирования, на основе типовых технологических процессов;
- используется непоточная форма организации техпроцесса;
- детали изготавливаются партиями, размер которых рассчитывается заранее;
- метод получения заготовки должен максимально приближать ее форму к готовой детали;
- маршруты обработки поверхностей формируются на основе минимальных суммарных приведенных затрат;
- документация технологии изготовления оформляется в виде маршрутной и операционных карт;
- операции формируются по принципу экстенсивной концентрации переходов, при соответствующем обосновании допускается использование принципа интенсивной концентрации;

– достижение точности операционных размеров выполняется методами обработки на заранее настроенном оборудовании;
– режимы резания технологических переходов и нормирование операций выполняются на основе расчетно-аналитических и статистических методов;
– обязательно соблюдение основных принципов базирования для работы на заранее настроенном на размер оборудовании;
– использование в качестве технологического оборудования универсальных, специализированных и оснащенных числовым программным управлением станков;
– использование универсальных, стандартных, универсально-сборных, в обоснованных случаях специальных станочных приспособлений;
– использование универсального, стандартного, в обоснованных случаях специального режущего инструмента;
– использование универсальных, нормализованных, в обоснованных случаях специальных средств контроля;
– расположение оборудования в цеху по группам исходя из вида выполняемых работ;
– использование высококвалифицированного персонала.

1.4 Формулировка задач работы

Исходя из формулировки цели работы и анализа, проведенного выше для успешного достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

– выбрать параметры проектируемого технологического процесса;
– спроектировать заготовку, основываясь на экономически обоснованном выборе метода получения заготовки, определении

маршрута обработке поверхностей, расчетах припусков на основе методов соответствующих предполагаемому типу производства;

- спроектировать технологический маршрут изготовления детали с учетом типа производства, его характеристик, маршрутов обработки поверхностей, принятого технологического оборудования и средств технологического оснащения;
- спроектировать технологические операции с учетом результатов проектирования технологического маршрута изготовления детали, а также расчетов режимов резания и нормирования операций;
- внести изменения в лимитирующие операции технологического процесса путем проектирования соответствующей технологической оснастки и металлорежущего инструмента;
- оценить безопасность и экологичность выполнения проектируемого технологического процесса;
- провести расчеты экономических показателей проектируемого варианта технологии.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

Проектирование заготовки начинается с выбора метода ее получения. Наиболее эффективным является выбор на основе сравнения экономических затрат для каждого из возможных методов [11]. В ходе выполнения анализа исходных данных было отмечено, что в качестве заготовки втулки исходя из формы детали, ее материала и типа производства наиболее подходящими являются методы литья в кокиль и штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе. Произведем сравнение данных методов получения заготовки с помощью предложенной методики.

Стоимость получения детали из соответствующей заготовки определяется из выражения:

$$C_i = C_{зi} + C_{обрi}, \quad (1)$$

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

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

i – номер варианта получения заготовки.

Для упрощения ведения дальнейших расчетов принимаем номер варианта 1 для заготовки, получаемой на кривошипном горячештамповочном прессе, номер варианта 2 для заготовки, получаемой литьем в кокиль.

Стоимость получения заготовки определяется из выражения:

$$C_{зi} = \frac{Ц_м \cdot М_{зi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_т \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

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

$М_{зi}$ – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, характеризующий способ получения заготовки;

$K_т$ – коэффициент, характеризующий точность метода получения заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, характеризующий сложность метода получения заготовки.

Расчет массы заготовки выполним по упрощенной методике [7]. Применение данной методики связано с тем, что на данном этапе проектирования контур заготовки, а также припуски и напуски еще не определены. Масса заготовки определяется из выражения:

$$М_{зi} = М_д \cdot K_p, \quad (3)$$

где $М_д$ – масса детали, кг;

K_p – коэффициент, определяемый формой заготовки и способом ее получения.

Проводим соответствующие расчеты.

$М_{з1} = 0{,}8 \cdot 1{,}12 = 0{,}9$ кг – заготовка получаемая методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе;

$М_{з2} = 0{,}8 \cdot 1{,}22 = 0{,}98$ кг – заготовка получаемая методом литья в кокиль.

Стоимость получения заготовки определяется по выражению (2).

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

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

«Определение стоимости механической обработки выполняется из выражения:

$$C_{обрi} = \frac{C_{уд} \cdot (\frac{1}{K_{имi}} - 1) \cdot M_д}{K_о}, \quad (4)$$

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

$K_{\text{им}i}$ – коэффициент использования материала;

$K_{\text{о}}$ – коэффициент обрабатываемости материала» [11].

«Коэффициент использования материала определяется из выражения:

$$K_{\text{им}i} = \frac{\text{М}_{\text{д}}}{\text{М}_{\text{з}i}}. \qquad (5)\text{»} [11]$$

Проводим соответствующие расчеты.

$K_{\text{им1}} = \frac{0,8}{0,9} = 0,89.$

$K_{\text{им2}} = \frac{0,8}{0,98} = 0,82.$

Стоимость механической обработки определяется из выражения (4).

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

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

С использованием выражения (1) определяется стоимость получения детали из соответствующей заготовки.

$C_1 = 14,4 + 1,6 = 16$ р.

$C_2 = 18,5 + 3,1 = 21,6$ р.

Из расчетов видно, что «метод получения заготовки штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе имеет лучшие экономические показатели, чем метод получения заготовки литьем в кокиль, поэтому для получения заготовки выбираем метод штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе» [11].

Проектирование контура заготовки осуществляется путем прибавления припусков и напусков к исходному контуру детали. Определение припусков основано на знании набора методов обработки для каждой поверхности, определение которых производится по рекомендациям [14] исходя из условий обеспечения требуемой точности поверхности и параметров ее

шероховатости. Результаты определения маршрутов обработки поверхностей оформим в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхность	Форма поверхности	Требуемая точность	Требуемая шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	плоская	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]
2	цилиндрическая	10	3,2	«сверление» [14]
3	винтовая	10	3,2	«резьбонарезание» [14]
4	коническая	14	6,3	«точение чистовое» [14]
5	цилиндрическая	12	6,3	«точение черновое» [14]
6	коническая	14	6,3	«точение черновое» [14]
7	плоская	14	6,3	«точение черновое, точение чистовое» [14]
8	цилиндрическая	7	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]
9	коническая	10	3,2	резьбонарезание
10	винтовая	10	3,2	сверление
11	цилиндрическая	7	0,8	сверление, зенкерование, развертывание
12	плоская	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое» [14]
13	плоская	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]
14	цилиндрическая	6	1,25	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]
15	коническая	14	6,3	«точение чистовое» [14]
16	плоская	14	2,5	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]
17	плоская	9	1,6	фрезерование черновое
18	плоская	10	6,3	фрезерование черновое, фрезерование чистовое
19	цилиндрическая	14	2,5	сверление
20	цилиндрическая	10	6,3	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]
21	плоская	14	6,3	«точение чистовое» [14]
22	цилиндрическая	6	1,25	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [14]

Зная маршруты обработки поверхностей, рассчитаем припуски на их обработку. Как следует из характеристик проектируемого технологического процесса, припуски могут быть рассчитаны либо расчетно-аналитическим методом, либо методом, основанным на статистических данных.

Для расчета припусков на обработку точной поверхности диаметром $152R6(^{-0.058}_{-0,083})$ применим расчетно-аналитический метод. Все данные для проведения расчетов берем из справочной литературы [19].

«Расчет минимального значения припуска выполняется с использованием выражения:

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

где i – текущий переход;

$i - 1$ – предыдущий переход;

a – глубина дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

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

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

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

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

«Расчет максимального значения припуска выполняется с использованием выражения:

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

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

TD_i – допуск на выполнение предыдущего перехода, мм» [19].

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

$= 2{,}176$ мм.

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

$= 0{,}494$ мм.

$z_{3\,max} = z_{3\,min} + 0{,}5 \cdot (TD_2 + TD_3) = 0{,}115 + 0{,}5 \cdot (0{,}16 + 0{,}025) =$

$= 0{,}208$ мм.

Расчет среднего значения припуска выполняется с использованием выражения:

$$z_{\text{ср}i} = 0{,}5 \cdot (z_{i\,max} + z_{i\,min}). \quad (8)$$

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

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

$z_{\text{ср}3} = 0{,}5 \cdot (z_{3\,max} + z_{3\,min}) = 0{,}5 \cdot (0{,}115 + 0{,}208) = 0{,}162$ мм.

Для определения размеров поверхности на каждом переходе механической обработки используются следующие выражения:

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

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

$$D_{i\,\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (D_{i\,max} + D_{i\,min}). \quad (11)$$

В соответствии с рекомендациями принятой методики расчет размеров начинаем с последнего перехода.

$D_{3\,max} = 152{,}342$ мм.

$D_{3\,min} = 152{,}317$ мм.

$D_{3\,\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (D_{3\,max} + D_{3\,min}) = 0{,}5 \cdot (152{,}342 + 152{,}317) =$

$= 152{,}329$ мм.

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

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

$D_{2\,ср} = 0{,}5 \cdot (D_{2\,max} + D_{2\,min}) = 0{,}5 \cdot (152{,}112 + 151{,}952) =$

$= 152{,}032$ мм.

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

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

$D_{1\,ср} = 0{,}5 \cdot (D_{2\,max} + D_{2\,min}) = 0{,}5 \cdot (151{,}684 + 151{,}284) =$

$= 151{,}484$ мм.

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

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

$D_{0\,ср} = 0{,}5 \cdot (D_{2\,max} + D_{2\,min}) = 0{,}5 \cdot (149{,}432 + 147{,}332) =$

$= 148{,}382$ мм.

Суммарные припуски на обработку определяются по выражениям:

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

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

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

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

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

$2z_{ср} = 0{,}5 \cdot (2{,}51 + 5{,}754) = 4{,}132$ мм.

Для определения припусков на оставшиеся поверхности с достаточной точностью применим метод определения на основе статистических данных. В этом случае минимальный припуск определяется с применением данных [10], а максимальный припуск из выражения:

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

Результаты заносим в таблицу 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
	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

Далее определяем допуски размеров, формы и расположения поверхностей и напуски проектируемой заготовки. Для этого используем методику и данные [7].

Для определения допусков размеров заготовки определяем: «класс размерной точности Т4, группа материала М1, степень сложности заготовки С2, исходный индекс И9» [7]. Исходя из данных значений и номинальных значений размеров заготовки, определяются допуски на выполнение

размеров заготовки. Полученные значения допусков отражены на рабочем чертеже заготовки, представленном в графической части работы.

Проектируемая заготовка согласно данным [7] имеет следующие допуски формы, расположения поверхностей и напуски: «штамповочные уклоны 5°, радиус скруглений 4 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм, отклонение от концентричности 1 мм. Эти данные также отражаются на рабочем чертеже заготовки, представленном в графической части работы» [7].

2.2 Проектирование плана изготовления

«План изготовления детали представляет собой графическое отображение маршрута изготовления детали в виде операционных эскизов с указанием на них схем базирования, обрабатываемых поверхностей и операционных размеров» [15]. Кроме того на плане изготовления указывается оборудование, применяемое на операциях и операционные технические требования.

На первом этапе проектирования плана изготовления составляется маршрут обработки на основе типового маршрута [11]. Операции данного маршрута формируются путем объединения в них поверхностей с однотипными методами обработки. Также необходимо учесть предполагаемый метод концентрации переходов на операциях технологического процесса, предполагаемые схемы базирования на операциях и технологические возможности предполагаемого к применению технологического оборудования.

Спроектированный маршрут обработки представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрут обработки втулки

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

На следующем этапе проектирования плана изготовления необходимо разработать схемы базирования заготовок на операциях технологического процесса. Суть данного этапа заключается в том, чтобы лишить деталь шести степеней свободы. При этом необходимо обеспечить неизменность технологической схемы базирования на протяжении всего техпроцесса (принцип постоянства баз) и совпадение технологических баз с измерительными (принцип единства баз), что позволит обеспечить заданную точность обработки при минимуме технологических переходов. Более подробно рекомендации по выполнению данного этапа представлены в рекомендациях [8].

На основании полученного маршрута изготовления детали и разработанных схем базирования проектируется план изготовления в соответствии с рекомендациями [15].

2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

Выбор средств оснащения заключается в выборе конкретных наименований и марок оборудования, режущего инструмента, станочных приспособлений и средств контроля.

Алгоритм выбора оборудования следующий. Исходя из методов обработки, необходимых к реализации на данной операции выбирается группа станков. Далее, исходя из структуры операции, выбирается тип станка. Затем, исходя из габаритных размеров обрабатываемой детали и необходимой мощности оборудования, выбирается конкретная модель станка [5].

Выбор станочных приспособлений определяется типом производства, принятой на операции схемой базирования, техническими характеристиками станочного оборудования, требованиями по быстродействию. Выбор конкретного наименования приспособления и его типоразмер производится с использованием данных [6, 20].

Выбор режущего инструмента определяется типом производства, применяемым станочным оборудованием, схемой проведения операции, техническими требованиями к выполняемой операции, требуемой стойкостью и рядом других. Выбор типоразмера режущего инструмента производится с использованием данных [1, 20].

Выбор средств контроля производится исходя из типа производства, требуемой точности контроля, размеров контролируемой детали с использованием данных [13, 20].

Данные по выбору средства оснащения технологического процесса представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Токарная	токарный HAAS ST-10	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	резец контурный ГОСТ 18879-73	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88
010 Токарная	токарный HAAS ST-10	оправка клино-плунжерная	резец контурный ГОСТ 18879-73	штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89
015	токарный	оправка клино-	резец контурный	нутромер НМ-200

Продолжение таблицы 4

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

Представленные в таблице 4 данные по определению средств технологического оснащения заносятся в соответствующую технологическую документацию, которая отражена в приложении А.

2.4 Разработка технологических операций

Технологические операции разрабатываются на основе знания структуры операции, принятых схем базирования, средств технологического оснащения, режимов резания и норм времени на их выполнение. В данном случае для проектирования операций не хватает знаний режимов резания и норм времени.

Для расчета режимов резания используем данные [12]. Алгоритм данного расчета следующий:

– на основе припусков, напусков на обработку и технологических возможностей оборудования назначается глубина резания;
– с использованием справочных данных назначается подача;
– определяется расчетная скорость резания;
– рассчитывается частота вращения шпинделя;
– исходя из характеристик технологического оборудования определяется фактическая частота вращения шпинделя;
– производится уточнение скорости резания с учетом фактической частоты вращения шпинделя.

«Определение расчетной скорости резания производится по формуле:

$$V = V_{\text{Т}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \tag{16}$$

где $V_{\text{Т}}$ – значение скорости резания исходя из справочных данных, м/мин;

K_1 – коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал;

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

K_3 – коэффициент, характеризующий вид обработки» [12].

«Определение частоты вращения шпинделя производится по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \tag{17}$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [12].

«Определение действительной скорости резания производится по формуле:

$$V_{Д} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{Д}}{1000}, \quad (18)$$

где $n_{Д}$ – фактическая частота вращения, об/мин» [12].

«Определение норм времени операций основано на расчете основного времени обработки [19], выполняемого по формуле:

$$T_{0} = \frac{L_{рх}}{S_{0} \cdot n_{Д}}, \quad (19)$$

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

S_{0} – подача, мм/об» [19].

«Длина рабочего хода определяется из выражения:

$$L_{рх} = l_{1} + l_{рез} + l_{2}, \quad (20)$$

где l_{1} – длина на врезание инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина обработки, мм;

l_{2} – длина перебега инструмента, мм» [19].

В таблице 5 представлены полученные результаты расчета режимов резания и норм времени.

Таблица 5 – Результаты расчета режимов резания и норм времени

Переход	Подача, мм/об (мм/зуб)	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Токарная, установ А					
1	0,25	300	630	47	0,30
2	0,15	330	630	6	0,06
005 Токарная, установ Б					
3	0,25	300	630	35	0,22
010 Токарная					
1	0,25	300	630	53	0,34
015 Токарная, установ А					

Продолжение таблицы 5

Переход	Подача, мм/об (мм/зуб)	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
1	0,19	530	1000	47	0,25
2	0,10	620	1000	6	0,06
015 Токарная, установ Б					
3	0,19	530	1000	35	0,19
020 Сверлильная					
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 Фрезерная					
1	0,05	245	1200	39	0,17
030 Фрезерная					
1	0,025	270	1600	39	0,24
035 Сверлильная					
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 Токарная, установ А					
1	0,162	640	1250	47	0,25
040 Токарная, установ Б					
1	0,162	640	1250	23	0,12
2	0,09	640	1250	6	0,06

Полученные данные являются основой для проектирования технологических наладок на операции, которые представлены на листах графической части, а также маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов. Соответствующая технологическая документация представлена в приложении А.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Не отвечающие требованиям выполнения операции необходимо подвергнуть совершенствованию. В проектируемом технологическом процессе такой операцией является 040 токарная чистовая. Недостаток данной операции заключается в отсутствии стандартного станочного приспособления способного реализовать теоретическую схему базирования при условии обеспечения заданной точности обработки и механизации процесса закрепления. Для решения данной проблемы необходимо разработать соответствующее станочное приспособление. Эскиз операции представлен на рисунке 2.

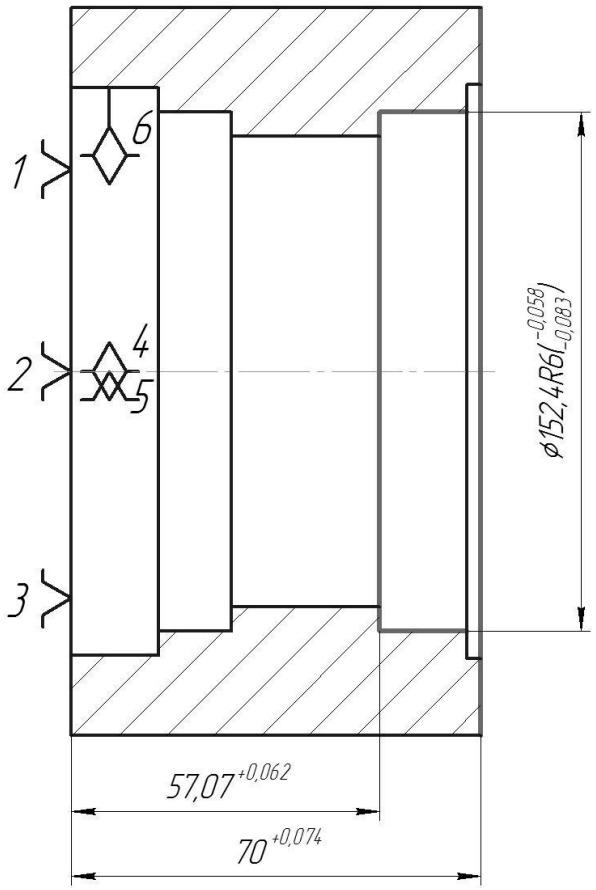


Рисунок 2 – Операционный эскиз

Проектирование производим по методике и с использованием справочных данных [4].

Составляющие силы, возникающей при резании, рассчитываем с использованием методики и данных [20].

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (21)$$

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» [20].

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

Составим расчетную схему для определения усилия зажима (рисунок 3).

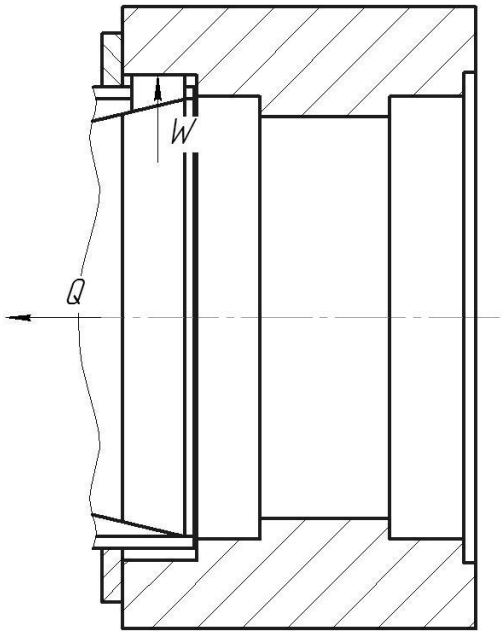


Рисунок 3 – Расчетная схема закрепления заготовки

При такой схеме закрепления составляющая силы резания P_Y прижимает заготовку в процессе обработки к поверхности упора и может быть исключена из расчета. Составляющая силы резания P_Z создает момент, который стремится повернуть заготовку вокруг оси. Данный момент может быть рассчитан по формуле:

$$M_{P_{P_Z}} = P_Z \cdot \frac{d_o}{2}, \tag{22}$$

где d_o – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

«Данный момент уравновешивается моментом от силы закрепления, который может быть рассчитан по формуле:

$$M_{З_{P_Z}} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_з}{2}, \tag{23}$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и зажимных элементов приспособления;

$d_з$ – диаметр закрепления, мм» [4].

Искомое усилие выводится из уравнения равновесия моментов и составляет:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_з} \cdot K, \tag{24}$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий особенности выполнения операции.

Данный коэффициент определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \tag{25}$$

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.

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

Согласно принятой методике проектирования при показателе коэффициента запаса менее 2,5 необходимо его принять равным 2,5.

Подставляя соответствующие значения в формулу 24, получаем следующее значение силы закрепления:

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

Определение усилия, которое должен создать силовой привод производится исходя из схемы зажимного механизма. В данном случае используется клино-плунжерный зажимной механизм, усилие привода для которого определяется из выражения:

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

где α – угол плунжера, град;

φ – угол трения плунжера, град.

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

Создание данного усилия обеспечивает силовой привод. В данном случае принимаем пневматический привод, в котором «диаметр поршня определяется из выражения:

$$D = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \tag{27}$$

где P – давление воздуха в системе, МПа» [4].

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

Далее в соответствии с принятой методикой необходимо рассчитать точность полученного приспособления. Для этого составим размерную схему проектируемого приспособления (рисунок 4).

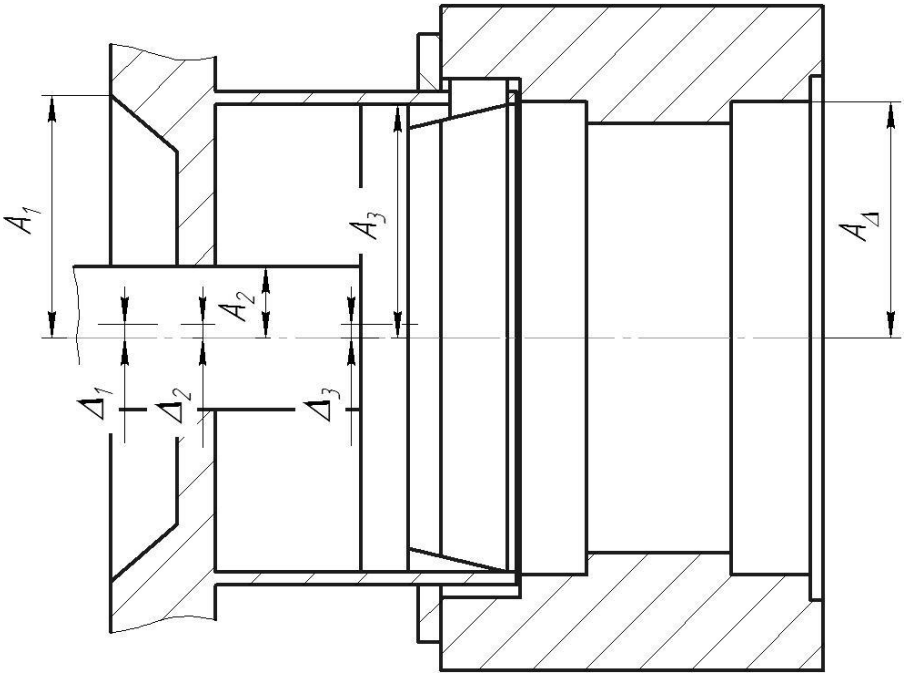


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

Исходя из данной схемы, составляется выражение для расчета погрешности установки заготовки в проектируемом приспособлении:

$$\varepsilon_{\text{у}} = \frac{\omega \cdot A_\Delta}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \tag{28}$$

где Δ_1 – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца шпинделю, мм;

Δ_2, Δ_3 – погрешность вызванная колебанием зазоров в сопряжениях, мм.

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

Данное расчетное значение должно быть меньше, чем предельно допустимое на данной операции. В данном случае предельно допустимое значение лимитировано допуском на несоосность обрабатываемой поверхности относительно базовой и составляет 0,015 мм. Условие выполнено.

Привод состоит из вращающегося корпуса, крепящегося к выходному концу шпинделя. В корпусе располагаются элементы преобразующие энергию сжатого воздуха в поступательное движение штока и закрепленного на нем поршня. Для подачи воздуха в цилиндр на задней крышке располагается муфта, состоящая из корпуса, подшипников и уплотнительных колец.

Исполнительная часть состоит из корпуса, который крепится к переднему концу шпинделя при помощи винтов. В корпусе размещается кулачки с плунжером, который связан с силовым приводом при помощи штока. Реализация схемы базирования детали в осевом направлении осуществляется упором, который крепится на корпусе. Подробная спецификация конструкции данного приспособления представлена в приложении Б.

Закрепление заготовки в данном приспособлении осуществляется следующим образом. Воздух подается в штоковую полость, поршень тянет влево шток, на котором он закреплен. Далее это движение передается на плунжер, который воздействует на кулачки и тем самым создает требуемое усилие закрепления. Для раскрепления воздух подается в бесштоковую

полость, и механизм возвращается в исходное положение, тем самым раскрепляя заготовку.

Конструкция приспособления представлена в графической части работы. Спецификация к данной конструкции представлена в приложении Б.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Анализируя полученные данные по проектируемому технологическому процессу можно сделать вывод, что одна из проблем заключается в низкой стойкости стандартного режущего инструмента при выполнении отверстий под нарезание резьбы на операции 020 Сверлильной. Решение этой проблемы заключается в применении сверла специальной конструкции с применением вставки из сверхтвердого материала. Проведем проектирование такого сверла с использованием методики [18].

Определим расчетное значение диаметра сверла:

$$D = D_{min} + \frac{TD}{2}, \tag{29}$$

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

TD – допуск диаметра отверстия, мм.

Получаем следующие результаты.

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

Точность рабочего диаметра сверла должна быть выше на два квалитета, чем точность выполняемого отверстия. В данном случае обрабатываемое отверстие должно быть выполнено по 10 квалитету точности, поэтому для рабочего диаметра сверла принимаем 8 квалитет точности. Тогда расчетное значение диаметра сверла составит $5{,}224_{-0{,}022}$ мм.

Материал сверла выбирается исходя из обрабатываемого материала. Для обработки алюминиевого сплава Д-16 оптимальным вариантом является использование быстрорежущей стали Р18Ф ГОСТ 19265-73.

Увеличение стойкости сверла в данном случае предполагается получить путем использования в конструкции сверла центральной режущей вставки из сверхтвердого материала [16]. Наиболее эффективно при обработке алюминиевых сплавов применение поликристаллического нитрида бора. Определение диаметра режущей вставки производится с использованием выражения:

$$d = \frac{D}{6}, \tag{30}$$

где D – расчетный диаметр сверла, мм.

Получаем следующие результаты расчета.

$d = \frac{5{,}224}{6} = 0{,}87$ мм.

Принимаем диаметр вставки из сверхтвердого материала равный 0,9 мм.

Затем проводим расчет хвостовой части сверла. Исходя из конструкции сверла, хвостовую часть принимаем цилиндрической формы. Для данной конструкции хвостовой части необходимо рассчитать максимально допустимый крутящий момент. Для этого используется выражение:

$$M = \mu \cdot P_з \cdot D, \tag{31}$$

где μ – коэффициент трения в зоне контакта;

$P_з$ – сила закрепления, Н;

D – диаметр хвостовика, мм.

Диаметр хвостовика принимается из конструктивных соображений из стандартного размерного ряда. Подставляя соответствующие значения,

получаем следующие результаты расчета.

$M = 0{,}1 \cdot 80 \cdot 6{,}5 = 52$ Н·мм.

Полученные результаты расчета максимально допустимого крутящего момента следует сравнить с моментом, возникающем при сверлении. В данном случае момент при сверлении составляет 34 Н·мм. Следовательно, выполнение перехода сверления в данном случае возможно.

Следующим этапом проектирования сверла является назначение его геометрии, которая зависит от требуемых показателей качества обработки поверхностей и обрабатываемого материала. В данном случае угол заострения равен 118°, задний угол равен 8°, передний угол равен 12°.

Конструктивной особенностью сверла, как отмечалось ранее, является наличие вставки из поликристаллического нитрида бора. Однако использование вставки не решает проблемы повышения стойкости сверла полностью, так как режущие кромки при этом выполняются из базового быстрорежущего материала и не имеют необходимой стойкости. С целью придания режущим кромкам необходимой стойкости предлагается нанести на них покрытия толщиной от 2 до 10 мкм в виде пленки нитрида молибдена. Применение комплекса данных технических решений позволяет повысить стойкость сверла в 8 раз по сравнению со стандартным сверлом.

Более подробно конструкция сверла представлена на чертеже графической части и описана в спецификации в приложении Б.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Спроектированный технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления обладает рядом характеристик влияющих на безопасность его выполнения и окружающую среду. Оценка безопасности и экологичности технологического процесса производится с использованием методики и данных [2].

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Составим технологический паспорт технологического процесса изготовления втулки (таблица 6), в котором укажем работников непосредственно участвующих в технологическом процессе, необходимое оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, материалы и вещества, используемые в техпроцессе.

Таблица 6 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарный HAAS ST-10 станок, оправка клино-плунжерная, резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73	алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-74, обтирочная ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	сверлильная	оператор	вертикально-	алюминиевый

Продолжение таблицы 6

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
	операция	станков с числовым управлением	сверлильный станок HAAS DM-1, приспособление специальное, сверло специальное, зенкер ГОСТ 12489-87, развертка ГОСТ 1672-80, метчик ГОСТ 9150-81	сплав Д16 ГОСТ 4784-74, обтирочная ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость

Технологический паспорт используется для выявления идентификации, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, профессиональных рисков, разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на производстве, обеспечения экологической безопасности разработанного техпроцесса.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Согласно данным [2] выявляем наиболее вероятные профессиональные риски, которые могут воздействовать на работников участка по изготовлению втулки делительного механизма сверлильного приспособления. При этом следует учесть влияние опасных и вредных факторов, источником которых является не рассматриваемый технологический процесс, а машины, механизмы и другие процессы данного производственного подразделения. В таблице 7 представлены результаты идентификации профессиональных рисков.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
токарная операция, сверлильная операция	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [2]	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	«заготовка в процессе обработки, инструмент» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	оборудование
	«отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)» [2]	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики, смазочно-охлаждающая жидкость на синтетической основе
	физическая динамическая нагрузка	оборудование, техоснастка

Продолжение таблицы 7

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
	стереотипные рабочие движения	оборудование, техоснастка, инструмент, погрузчики

Основываясь на полученных данных по идентификации профессиональных рисков можно сделать вывод о том, что большинство профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса характерны для механообрабатывающего производства.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Устранение и снижение влияния выявленных профессиональных рисков возможно применением различных технических методов, организационных мер и средств индивидуальной защиты. В таблице 8 представлены предлагаемые мероприятия по устранению и снижению влияния профессиональных рисков технологического процесса.

Таблица 8 – Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [2]	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, снятие с заготовок заусенцев, ограждающие устройства	«фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие и ограничивающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, «перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, массивные фундаменты оборудования, виброгасящие коврики, виброгасящие опоры	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в	«инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, защитные экраны, изоляция	наушники противошумные или вкладыши противошумные

производственной среде	источников шума,» [2]	

Продолжение таблицы 8

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«дистанционное управление оборудованием» [2]	
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие устройства, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, аварийного отключения оборудования, диэлектрические коврики	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, ограждающие устройства	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником
физическая динамическая	инструктажи по охране	

нагрузка	труда в соответствии с требованиями	

Продолжение таблицы 8

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
	нормативной документации, применение перерывов в работе	
стереотипные рабочие движения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, применение перерывов в работе	

Предлагаемые мероприятия позволят существенно снизить или полностью устранить влияние профессиональных рисков, возникающих в ходе рассматриваемого технологического процесса, что положительно скажется на безопасности работников данного производственного подразделения.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка зависят, прежде всего, от класса возможного пожара и его опасных факторов. Для их определения воспользуемся рекомендациями [2]. Результаты представим в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [2]	«Оборудование» [2]	«Класс пожара» [2]	«Опасные факторы пожара» [2]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [2]
участок изготовления втулки	токарный HAAS ST-10 станок, оправка клино-плунжерная, резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73 вертикально-сверлильный станок HAAS DM-1, приспособление специальное, сверло специальное, зенкер ГОСТ 12489-87, развертка ГОСТ 1672-80, метчик ГОСТ 9150-81	пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [2]

На основе представленных в таблице 9 данных разработаем комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Технические средства, отвечающие всем необходимым требованиям, представлены в таблице 10. Организационные мероприятия, способствующие обеспечению пожарной безопасности, представлены в таблице 11.

Таблица 10 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители, гидропомпы, ведра, лопаты, ящики с песком, ломы, пилы, топоры	пожарные автомобили, передвижные огнетушители	автоматическая пенная система пожаротушения	извещатели пожарные, приборы управления пожарные, системы передачи извещений о пожаре	гидранты, колонки, стволы, рукава	противогазы, самоспасатели	конусные ведра, ломы, багры полотно, лопаты, тележка, экран защитного действия	оповещатели автоматические звуковые и световые

Таблица 11 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [2]
технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления	«разработка и реализация приказов и распоряжений, инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности, средства наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [2]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [2]

Разработанные мероприятия и используемые технические средства

позволяют в полной мере обеспечить пожарную безопасность в производственном подразделении, где производится технологический процесс.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Мероприятия по обеспечению экологической безопасности определяются негативными факторами технологического процесса, воздействие которых на окружающую среду может привести к ухудшению экологической обстановки. В таблице 12 представлены результаты определения таких факторов» [2].

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса» [2]	«Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу» [2]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [2]
технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления	токарный HAAS ST-10 станок, оправка клино-плунжерная, резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73 вертикально-сверлильный станок HAAS DM-1, приспособление специальное, сверло специальное, зенкер ГОСТ 12489-87, развертка ГОСТ 1672-80, метчик ГОСТ 9150-	мелкодисперсные частицы смазочно-охлаждающей жидкости и других технических жидкостей, пыль	смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы, частицы стружки, растворенная пыль	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость, другие технические жидкости и их растворы

	81			

Снижение и устранение влияния на окружающую среду воздействия выявленных факторов обеспечивается применением соответствующих технических средств и организационных мероприятий, представленных в таблице 13.

Таблица 13 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«использование рукавных фильтров, адсорберов, барботажно-пенных пылеуловителей, туманоуловителей» [2]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [2]	«использование механической очистки при помощи решеток, песколовок и отстойников, химической очистки при помощи адсорберов, замкнутого цикла водоснабжения» [2]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [2]	«использование систем сортировки отходов, повторное использование металлического лома, утилизация не перерабатываемых отходов на полигонах» [2]

Результатом выполнения оценки безопасности и экологичности технологического процесса стала разработка организационных мероприятий и применение технических средств, которые позволили снизить влияние и частично устранить все негативные факторы, воздействующие в процессе выполнения технологического процесса на работников производства, обеспечить пожарную безопасность и экологичность производства.

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Втулка». Эти изменения касаются двух токарных операций, на которых предполагается при обработке торцевых и цилиндрических поверхностей применять резцы контурный со стружколомом из твердого сплава Т5К10, вместо стандартных контурных резцов.

Используя данное описание изменений, рассчитаем необходимые для определения эффективности параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров необходимо воспользоваться соответствующим учебно-методическим пособием [9] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5, все параметры имеют тенденцию к снижению, а именно проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Втулка» на 3,13 рублей, что составит 26,3 %.

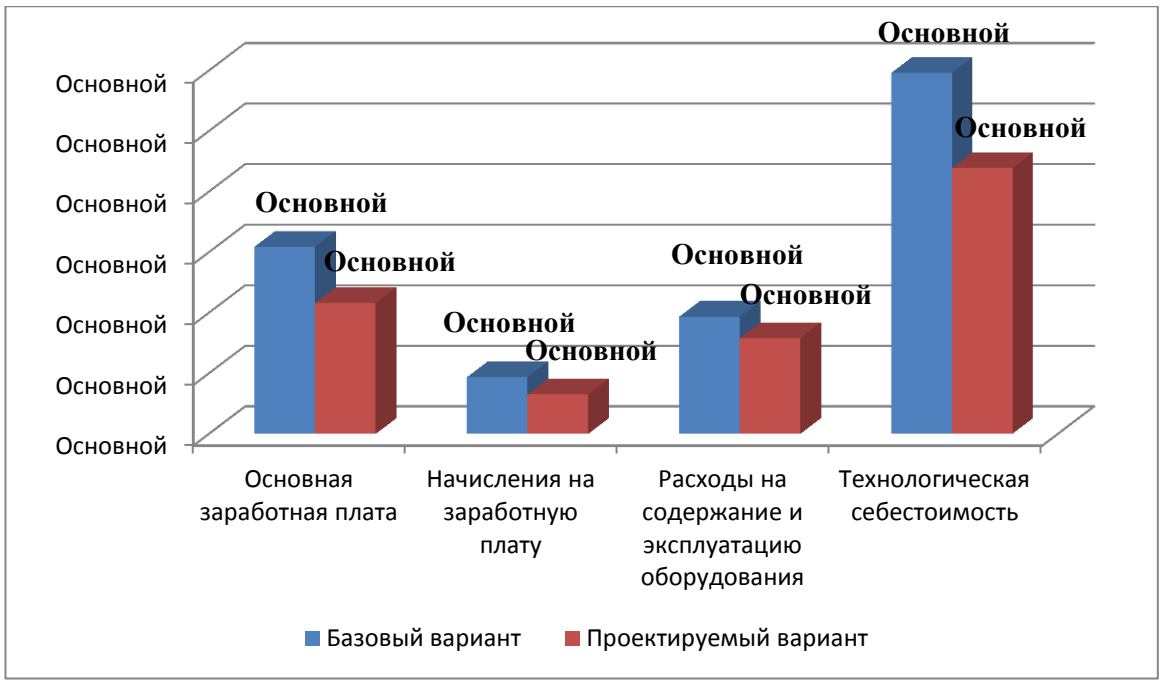


Рисунок 5 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам послужат данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 34,5 рублей, а для проектируемого – 24,56 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 28,8% или 9,94 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определим сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 63616 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали

«Втулка» затрагивают только замену станочной инструмента, то капитальные вложения будут складываться из затрат на инструмент, затрат на проектирование нового технологического процесса и затрат на корректировку управляющей программы работы оборудования. Общая сумма инвестиций составит 29404,17 рублей. Структура параметров инвестиций представлена на рисунке 6.

Рисунок 6 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, указанную на рисунке 6, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, они составили 79,8 %.

Используя полученные параметры, обоснуем эффективность предложенных изменений. Для этого определим: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на

капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	1
Общий дисконтируемый доход, руб.	35909,57
Интегральный экономический эффект, руб.	6505,4
Индекс доходности, руб. / руб.	1,22

Анализируя, представленные в таблице 14, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 6505,4 рублей, что является обязательным условиям для экономического обоснования мероприятий. Именно по этому, определяем индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,22 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 22 %.

Заключение

В результате выполнения работы была достигнута ее цель, которая заключается в проектировании технологического процесса изготовления втулки делительного механизма сверлильного приспособления, который обеспечит требуемые показатели качества изготовления, требуемый объем производства и минимальную себестоимость изготовления.

Для достижения цели работы были проведены следующие мероприятия:

– проведен анализ исходных данных;

– выбраны параметры проектируемого технологического процесса;

– спроектирована заготовка, на основе экономическом расчете выбора ее получения, определении маршрута обработки поверхностей, определении припусков на обработку;

– спроектирован технологический маршрут изготовления детали с учетом типа производства и его характеристик, принятого технологического оборудования и средств технологического оснащения;

– спроектированы технологические операции с учетом результатов разработки технологического маршрута изготовления детали, а также расчетов режимов резания и нормирования операций;

– внесены изменения в технологический процесс путем проектирования механизированной клино-плунжерной оправки и сверла с увеличенной стойкостью;

– оценена безопасность и экологичность выполнения спроектированного технологического процесса;

– проведены расчеты экономических показателей спроектированного технологического процесса.

Список используемых источников

1. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. - 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
2. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://hdl.handle.net/123456789/8767 (дата обращения: 03.05.2020).
3. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 256 с. [Электронный ресурс] – URL: https://e.lanbook.com/book/72581 (дата обращения: 15.04.2020).
4. Иванов И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учеб. пособие / И.С. Иванов. – Москва. : ИНФРА-М, 2015. – 198 с.
5. Каталог продукции «HAAS». [Электронный ресурс]. – URL: http://www.haascnc.com/ru (дата обращения: 04.04.2020).
6. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с.
7. Клименков С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 269 с. [Электронный ресурс] – URL: https://e.lanbook.com/book/37101 (дата обращения: 15.04.2020).
8. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 320 с. [Электронный ресурс] – URL: https://e.lanbook.com/book/86015 (дата обращения: 21.04.2020).
9. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным

производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://hdl.handle.net/123456789/13 (дата обращения: 10.04.2020).

10. Маталин А.А. Технология машиностроения : учеб. Для студ. Вузов, обуч. По спец. 151001 напр. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. Производств» / А.А. Маталин. – Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.

11. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

12.Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. - 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/102222 (дата обращения: 25.04.2020).

13.Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://znanium.com/catalog/product/774201 (дата обращения: 22.04.2020).

14.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: 18.04.2020).

15.Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL:

http://hdl.handle.net/123456789/6204 (дата обращения: 25.04.2020).

16.Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников [и др.] ; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва. : Машиностроение, 2014. – 520 с.

17.Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. - 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с. [Электронный ресурс] – URL: http://znanium.com/catalog/product/505001 (дата обращения: 02.04.2020).

18.Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://znanium.com/catalog/product/549074 (дата обращения: 30.04.2020).

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

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

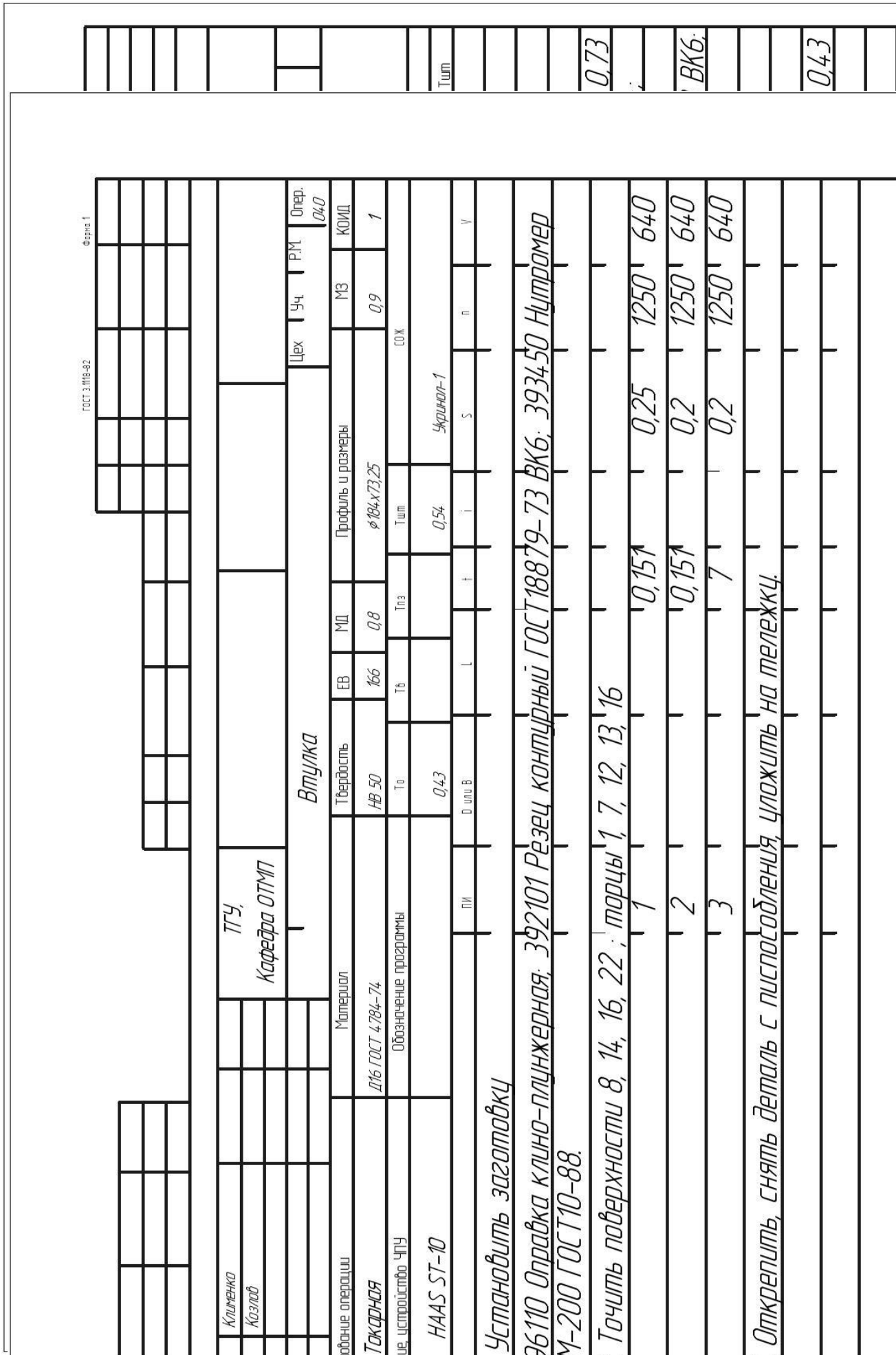
21.Сысоев С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 349 с.

22.Технологии машиностроения: выпускная квалификационная работа для бакалавров: учеб. пособие / Н.М. Султан-заде [и др.]. – Москва. : ФОРУМ, 2016. – 287 с. [Электронный ресурс] – URL: http://znanium.com/catalog/product/515097 (дата обращения: 28.04.2020).

23.Химический состав и физико-механические свойства алюминиевого сплава Д-16 [Электронный ресурс]. – URL: https://cu-prum.ru/alyuminij1/splav-d16.html (дата обращения: 02.04.2020).

Приложение А

Технологическая документация



Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A1			20.БР.0ТМП.726.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
A3		1	20.БР.0ТМП.726.65.00.001	Корпус	1	
A4		2	20.БР.0ТМП.726.65.00.002	Корпус муфты	1	
A4		3	20.БР.0ТМП.726.65.00.003	Корпус привода	1	
A4		4	20.БР.0ТМП.726.65.00.004	Плунжер	1	
A2		5	20.БР.0ТМП.726.65.00.005	Крышка привода	1	
A3		6	20.БР.0ТМП.726.65.00.006	Неподвижный корпус	1	
A3		7	20.БР.0ТМП.726.65.00.007	Поршень	1	
A4		8	20.БР.0ТМП.726.65.00.008	Стопор	1	
A3		9	20.БР.0ТМП.726.65.00.009	Шток	1	
A2		10	20.БР.0ТМП.726.65.00.010	Упор	1	
A3		11	20.БР.0ТМП.726.65.00.011	Шток	1	
				Стандартные изделия		
		12		Винт М8х30	6	
				ГОСТ 17475-80		
		13		Винт М8х20	6	
				ГОСТ 17475-80		
		14		Гайка М14х1,5	2	
				ГОСТ 5927-70		

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	20.БР.0ТМП.726.65.00.000		
Разраб.					Оправка клиноплунжерная	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Пров.						ТГУ, ИМ, гр. ТМбз-1502а	
Н.контр.							
Утв.							

Копировал Формат А4

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		15		Кольцо	2	
				ГОСТ 17477-84		
		16		Уплотнение	2	
				ГОСТ 13465-77		
		17		Винт М5х25	4	
				ГОСТ 17475-80		
		18		Прокладка	1	
				ГОСТ 1567-68		
		19		Кольцо ГОСТ 174477-84	1	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	20.БР.ОТМП.726.65.00.000	Лист 2

Копировал Формат А4

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А1			20.БР.ОТМП.726.70.00.000СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
А3		1	20.БР.ОТМП.726.70.00.001	Сверло	1	
А4		2	20.БР.ОТМП.726.70.00.002	Вставыш из СТМ	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	20.БР.ОТМП.726.70.00.000			
Разраб.		Клименко			Сверло спиральное	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Козлов						1
Н.контр.						ТГУ, ИМ, гр. ТМбз-1502а		
Утв.								

Копировал Формат А4