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 ступицы колесного привода

Обучающийся А.С. Толеубаев
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Руководитель канд. техн. наук, доцент Д.Г. Левашкин
(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

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса, который обеспечивает производство ступицы в объеме годовой программы, соответствующей всем необходимым техническим требованиям в условиях среднесерийного производства.

В работе учтены достижения в области проектирования процессов производства, что позволило выполнить в первом разделе анализ по многочисленным разработкам в области технологии изготовления ответственных деталей, включая решение для линейных производственных систем, что часто встречается в научных исследованиях, например, при решении задач в управления производственных процессов. Анализ показал важность оптимизации производственных процессов изготовления деталей типа ступица. Во втором разделе при проектировании был осуществлён выбор и разработка заготовки, составлен план её обработки, а также выбрано необходимое оборудование и технологическая оснастка. Спроектированы все операции, входящие в технологический процесс. Третий раздел включает в себя технические мероприятия, направленные на улучшение основной технологии производства детали. В результате разработан специальный патрон для фиксации заготовок на токарных станках и режущий инструмент. Четвёртый раздел посвящён оценке безопасности и экологичности предложенной технологии, а также разработке мероприятий по устранению возможных негативных последствий. Последний, пятый раздел, представляет собой комплексную оценку экономических показателей предложенной технологии, на основании которой делаются выводы о её общей эффективности и целесообразности для внедрения в серийное производство.

Работа включает 62 страниц пояснительной записки включая приложения и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение 4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных 5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации . 5
1.2 Анализ технологических показателей детали 7
1.3 Анализ типа производства 10
1.4 Задачи работы 11
2 Разработка технологии изготовления 13
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки 13
2.2 Разработка плана изготовления детали 20
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки 22
2.4 Проектирование операций технологического процесса 24
3 Разработка специальной технологической оснастки 27
3.1 Разработка токарного патрона 27
3.2 Разработка зубострогального резца 33
4 Безопасность и экологичность технического объекта 37
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта 37
4.2 Идентификация профессиональных рисков 38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков 40
5 Экономическая эффективность работы 43
Заключение 47
Список используемых источников 48
Приложение А Технологическая документация 52
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам 62

Введение

Основным критерием, определяющим эффективность работы современной промышленности, является необходимость улучшения качества производимой продукции и повышения производительности труда. Эти аспекты в значительной степени зависят от применяемых технологий производства, а также от внедрения современных, прогрессивных методов обработки деталей оборудования, которое включает средства оснащения, контроля и автоматизации. Одним из наиболее перспективных направлений для увеличения производительности механической обработки, а также сокращения связанных с ней затрат, является внедрение оборудования, оснащённого системами числового программного управления (ЧПУ). Эти системы позволяют значительно повысить точность и качество обработки, а также оптимизировать время выполнения операций. В результате, обрабатывающие центры, оборудованные данными системами, становятся востребованными и находят широкое применение в современных производственных процессах. В данной работе особое внимание уделяется технологии изготовления ступицы привода автомобиля. Разработка технологии и производство данной детали ставит перед инженерами ряд задач, связанных с выбором оптимальных методов механической обработки, материалов и технологий, которые позволят обеспечить необходимую прочность и долговечность данной детали.

Цель данной выпускной квалификационной работы в создании технологического процесса для изготовления ступицы актуальна. Этот процесс должен обеспечить выполнение годовой программы по производству деталей, которые соответствуют всем установленным техническим стандартам и требованиям в условиях среднесерийного производства. Такой подход позволит не только значительно улучшить производственные показатели, но и повысить конкурентоспособность продукции на рынке.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Функционально ступица является основной деталью конструкции колеса автомобиля через подшипники вращается на оси колеса. Она относится к классу “деталь вращения”, изготовлена из серого чугуна СЧ15. К наружной стороне ступицы крепится колеса автомобиля, а во внутреннюю часть вставляется ось ступицы с подшипниками.

Ступица имеет 4 ступени уменьшения диаметров снаружи и 4 ступени внутри (рисунок) , чистота обработки большинства поверхностей ступицы 5 мкм, а подшипниковых диаметров Ø62Р7 и Ø72Р7 мм - чистота обработки 0,8 мкм. Основным высоким требованием к детали предъявляется радиальные биения торцевых поверхностей относительно подшипниковых диаметров - 25 мкм. Для контроля данного параметра используется индикатор, для контроля диаметров используются калиброванные пробки.

Анализ конструктивных характеристик корпуса детали проведем исходя из требований к нагрузке, условиям эксплуатации и предполагаемому режиму эксплуатации редуктора [1].

Параметры детали можно разделить на несколько ключевых аспектов. Корпус обеспечивает жесткость конструкции, что является критически важным для стабильной работы редуктора. Без жесткого корпуса деталь может деформироваться под нагрузкой, что приведет к увеличению износа и сокращению срока службы. Также полость корпуса защищает внутренние компоненты ступицы от пыли, влаги и других загрязнений, которые могут негативно повлиять на работу механизма. Для этого детали служит объемом для хранения масла, который необходим для снижения трения и нагрева во время работы редуктора. Призматическая форма детали и наличие

специальных каналов для циркуляции масла способствует лучшему его распределению [2].

С точки зрения технологичности конструкция детали должна обеспечивать легкий доступ к внутренним элементам редуктора для обслуживания и замены деталей. В нашем случае деталь имеет съемные крышки и съемные элементы, упрощающие техническое обслуживание.

С учетом приведенного выше детали должна быть изготовлен с учетом следующих условий эксплуатации, нормальная температура, нормальный уровень влажности помещения, температура смазочного материала не выше 35…55 градусов [4].

Как показал анализ технических условий эксплуатации детали важным аспектом ее работы является тепловой баланс. Конструкция должна обеспечивать естественную конвекцию и, активное охлаждение, если это требуется условиями работы. Изготовленная деталь без учета данных параметров может привести к перегреву редуктора и ускоренному износу деталей, возникновению заклиниваний в процессе эксплуатации.

Следующим аспектом технологичности конструкции ступицы является фактор снижения вибрации при ее работе. Необходимо минимизировать вибрации и шум, возникающие в процессе работы. Это особенно важно в случаях, когда привод автомобиля установлен внутри его кузова [3].

В нашем случае такие условия эксплуатации обеспечивает применение коробчатой конструкции детали правильной формы. Также это позволяет упростить технологию изготовления заготовок, а правильная геометрия детали, распределение масс и жесткость конструкции позволяют распределить внутренние напряжения, что, в свою очередь, повышает срок службы узла в сборе.

Для обеспечения долговечности и надежности работы привода важно проводить регулярные проверки уровня смазки ступицы, ее качества и состояния. Неправильная смазка может привести к повреждению внутренних компонентов. Вести контроль температуры редуктора. Перегрев может

сигнализировать о проблемах в системе смазки или лучшее охлаждение. Выполнять осмотр состояния подшипниковых опор.

Грамотное проектирование технологии изготовления корпуса и качественное исполнение условий эксплуатации напрямую влияют на долгосрочную работу редуктор. Анализ служебного назначения показал, что выбранная конструкция корпуса, его материалы и механическая обработка соответствуют области применения червячного редуктора в различных областях промышленной деятельности.

1.2 Анализ технологических показателей детали

«Показатели технологичности рассматриваемой ступицы определим с использованием рекомендаций» [5].

«Ступица изготавливается из конструкционной легированной стали 40Х ГОСТ 4543-71. Определенные согласно данным [25] характеристики стали представлены в таблице 1 химический состав, в таблице 2 механические свойства» [5].

Таблица 1 – Химический состав

Материал	Массовое содержание элементов, %					
СЧ 15 ГОСТ 1412-85	Углерод	Кремний	Марганец	Хром, не более	Сера, не более	Фосфор, не более
	3,0-3,5	0,17-0,37	0,2-0,6	0,25	0,04	0,035

Таблица 2 – Механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение после разрыва, %	Твердость по Бринеллю
1000	805	23	50	170-180

«Другим важным аспектом технологичности конструкции детали является количество ответственных поверхностей, для обработки которых требуются высокоточные финишные операции. Для определения таких поверхностей необходимо классифицировать их по назначению согласно методологии. На рисунке 1 представлен эскиз детали, где основные ответственные конструкции включают базы 1, 2 и 3, в то время как вспомогательные базы — 4, 5 и 6, а также исполнительные поверхности 1 и 2. Для их обработки необходимы точные и дорогие методы. Тем не менее, количество этих поверхностей небольшое, и требуемая точность может быть достигнута стандартными методами финишной обработки, что не оказывает значительного влияния на общую технологичность конструкции детали» [15].

«На рисунке 1 выполнен эскиз рассматриваемой ступицы . Наиболее ответственными поверхностями являются основные конструкторские базы 2, 3, вспомогательные конструкторские базы 1, 8, 9 и исполнительные поверхности 5, 10. Для их обработки требуется применения точных дорогостоящих методов. Однако, количество данных поверхностей незначительно, а их точность может быть достижима стандартными методами финишной обработки, поэтому существенного влияния их наличие на общую технологичность конструкции детали не оказывает» [15].

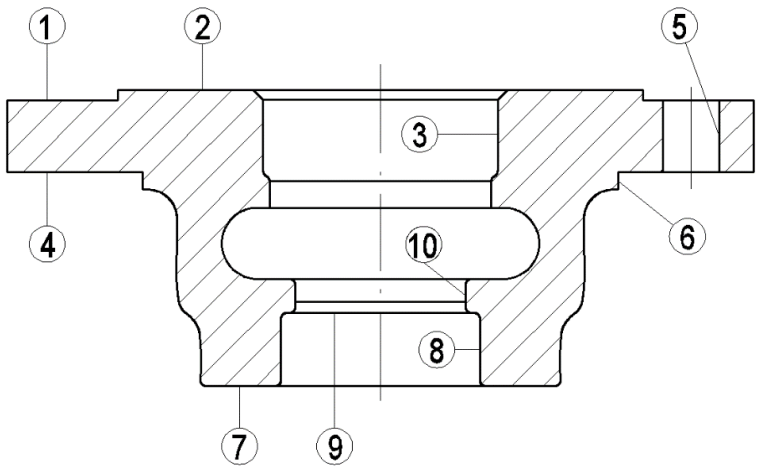


Рисунок 1 – Эскиз конической ступицы

«Технологичность механической обработки также является удовлетворительной. Такой вывод можно сделать исходя из того, что изготовление данной ступицы можно выполнить на базе типового технологического процесса с применением стандартного оборудования и средств технологического оснащения, таблица 3.

Таблица 3 - Анализ технологичности детали

Показатели технологичности	Требование технологичности	Анализ ТКД по чертежу	Заключение по технологичности
обрабатываемые поверхности	должны быть взаимно параллельны или взаимно перпендикулярны	поверхности взаимно параллельны или взаимно перпендикулярны	т
обрабатываемые поверхности	должны быть сквозными без внутренних канавок и выточек	сквозные отверстия отсутствуют	т
расстояние между осями отверстий	должны быть не менее 25 мм, что позволяет применять многошпиндельные сверлильные станки	отсутствует	т
длина резьбовых поверхностей	должна быть не более двух номинальных диаметров резьбы	отсутствует	т
расположение пазов	должны быть доступны для обработки на металлорежущих станках	отсутствует	т
наличие обработки по месту	обработка по месту должна отсутствовать в конструкции детали	отсутствует	т
соответствие точности и шероховатости поверхности	точные по размерам поверхности должны иметь соответствующие параметры шероховатости	точные поверхности имеют соответствующие параметры шероховатости	т
размеры конструкторских баз	должны иметь размеры по типовым правилам базирования	имеют размеры по типовым правилам базирования	т
методы обработки	конструкция детали должна быть такой, что при её изготовлении можно было применять высокопроизводительные методы обработки	возможно применение высокопроизводительных методов обработки	т

Квалитет точности 7 для поверхностей 3, 8 и 5 достигается зенкерованием и тонким точением для 3 и 8, а для поверхности 5 сверлением, зенкерованием и развёртыванием. Для остальных поверхностей квалитеты точности 12 и 13 достигается черновым и чистовым точением.

«Анализ технологических показателей детали позволяет сделать вывод о том, что деталь отвечает всем основным требованиям по технологичности детали и не требует каких-либо конструктивных доработок. При этом для ее изготовления возможно применение типовых технологических процессов с использованием стандартизированного оборудования и средств технологического оснащения» [15].

1.3 Анализ типа производства

«Анализ типа производства требует его предварительного определения, что является важным этапом в проектировании. На основе имеющихся данных наиболее целесообразной в данном случае оказывается методика, описанная в источнике, которая предполагает определение типа производства исходя из массы детали и годовой программы выпуска» [14]. «При массе 1,2 кг и программе выпуска 10 000 штук тип производства можно считать среднесерийным. Данный анализ будет осуществлен с использованием данных, представленных в источнике» [1].

«Производственный участок организуется на основе группового принципа распределения оборудования, что способствует более эффективной работе. Ключевыми аспектами формирования данного участка являются высококвалифицированные специалисты, обладающие необходимыми знаниями и навыками. Эти работники должны уметь не только управлять универсальным оборудованием, но и выполнять сложные задачи, такие как настройка станков с числовым программным управлением. Это требует от них глубокого понимания технологий и процессов, а также умения быстро

адаптироваться к изменениям и новым задачам. В результате такого подхода обеспечивается высокая продуктивность и качество производимой продукции, что является критически важным в условиях современного рынка.» [15].

1.4 Задачи работы

Для достижения цели первой задачей станет выбор и проектирование заготовки. Следует учесть ряд факторов, таких как материал, из которого будет изготовлена деталь, его физико-механические свойства, а также методы обработки этого материала. На этом этапе важно произвести тщательный анализ доступных материалов, изучить их поведение при различных условиях обработки и определить, какой из них наиболее будет эффективен для данной детали.

После успешного определения заготовки, следующей задачей является разработка плана этапов изготовления детали. Это включает в себя последовательное определение всех необходимых операций, которые необходимо будет выполнить, а также установление временных норм для каждой операции. Разработка плана изготовления должна учитывать технологическую последовательность, чтобы минимизировать время обработки и максимизировать производительность.

Кроме того, в рамках этого процесса необходимо осуществить выбор оборудования и технологической оснастки. Оборудование играет ключевую роль в качестве и эффективности производственного процесса, поэтому необходимо провести детальный анализ доступных машин и инструментов, подходящих для обработки выбранного материала. Это может включать в себя токарные станки, фрезерные установки, а также специализированные инструменты для выполнения конкретных операций.

Следующий важный этап — проектирование операций технологического процесса. Каждая операция должна быть тщательно спроектирована, чтобы обеспечить высокую точность обработки и

соответствие заданным параметрам детали. Это может включать выбор режимов резания, а также оптимизацию условий обработки для снижения затрат энергии и повышения качества готовой продукции.

Не менее важным является разработка «технических мероприятий, направленных на совершенствование базовой технологии изготовления детали» [8]. В рамках этого процесса необходимо рассмотреть возможность внедрения новых технологий и методов, которые могут повысить эффективность производства. Например, одним из возможных решений является проектирование специального патрона для установки заготовок на токарных операциях, что обеспечит более устойчивое крепление и повысит точность обработки. Также потребуется разработать резец для проведения долбежной операции, который будет учитывать специфику обработки выбранного материала и обеспечит максимальную производительность.

Следующим шагом станет оценка технологии изготовления детали с точки зрения безопасности и экологичности. Это включает в себя анализ потенциальных рисков, связанных с производственным процессом, а также изучение воздействия технологии на окружающую среду.

«Заключительной задачей проекта является комплексная оценка экономических показателей разработанной технологии» [8]. Это позволит определить рентабельность производственного процесса и его соответствие современным требованиям рынка.

Следует отметить, что все вышеперечисленные задачи требуют междисциплинарного подхода и взаимодействия различных специалистов: инженеров, технологов, дизайнеров и экономистов. Таким образом, наша работа представляет собой сложный интегративный процесс, целью которого является создание эффективной, безопасной и экономически целесообразной технологии изготовления детали, способной удовлетворить требования современного производства и потребительские запросы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Выбор оптимального метода получения заготовки – ключевой этап в процессе производства, напрямую влияющий на себестоимость, качество и производительность. Традиционно, обоснование выбора основывается на экономическом сравнении стоимости производства различных методов, как это описано в методике [4]. В данном случае, ограничиваем выбор тремя основными методами, литьем в земляные и металлические формы.

Проведя детальное изучение этих методов с использованием литературных источников [8], видно, что литье в землю, хотя и обладает некоторыми преимуществами в плане точности, окажется экономически невыгодной для данного случая. Это связано с высокими первоначальными затратами на оснастку и нецелесообразностью при ограниченном объеме производства.

Литье в кокиль (металлические формы), в свою очередь, представляется одним из наиболее оптимальных вариантов.

Важно отметить, что рациональный выбор метода получения заготовки не только влияет на экономические показатели, но также способствует снижению материалоемкости производства. Правильно подобранная форма и размеры заготовки позволяют сократить отходы металла, уменьшить вес конечного изделия и, как следствие, уменьшить нагрузку на механизмы. Это, в свою очередь, приводит к повышению производительности труда, улучшению качества и снижению себестоимости конечного продукта. Дальнейший выбор между этими методами будет осуществляться с учетом специфических требований к качеству, точности и объему производства.

«Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{с}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{м}} \cdot k_{\text{п}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \qquad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$k_т$ – коэффициент точности;

$k_с$ – коэффициент сложности;

$k_в$ – коэффициент марки материала;

$k_м$ – коэффициент массы заготовки;

$k_п$ – коэффициент объема производства;

$S_{ОТХ}$ – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

$$«Q = q \cdot K_P, \quad (2)$$

где K_P – коэффициент метода получения заготовки» [4].

Массу детали возьмем из чертежа графической части работы. Тогда можно рассчитать массу заготовки для каждого из сравниваемых методов получения.

Масса заготовки получаемой штамповкой равна.

$Q = 1{,}5 \cdot 1{,}2 = 6{,}8$ кг.

Масса заготовки получаемой литьем равна.

$Q = 1{,}67 \cdot 1{,}2 = 8{,}0$ кг.

Стоимость заготовки получаемой штамповкой равна.

$S_{ЗАГ} = (56{,}11 \cdot 6{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}84 \cdot 1{,}14 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}8) - 1{,}82 \cdot (6{,}8 - 1{,}2) =$

$= 76{,}28$ р.

Стоимость заготовки получаемой литьем равна.

$S_{ЗАГ} = (70{,}3 \cdot 8{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}84 \cdot 1{,}14 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}8) - 1{,}82 \cdot (8{,}0 - 1{,}2) =$

$= 95{,}85$ р.

Выбор литья в металлические формы основан на нескольких факторах. Во-первых, этот метод обеспечивает более высокую точность и шероховатость

поверхности заготовки, что снижает затраты на последующую механическую обработку. Во-вторых, литье в металлические формы отличается высокой производительностью, позволяя получать заготовки с минимальными затратами времени и труда

«Согласно принятой методике необходимо разработать маршруты обработки для каждой поверхности. Затем определяются припуски на обработку поверхностей. После этого определяются характеристики проектируемой заготовки, технологические напуски и допуски на размеры» [11]. Полученные результаты сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Маршруты обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Величина шероховатости, Ra (мм)	Наименование методов обработки
1,2,4,7	торец	h14	5	точение
5	цилиндрическая	н7	1,25	сверление, зенкерование, развёртывание
6	цилиндрическая	js13	5	точение
3,8	цилиндрическая	p7	0,8	растачивание
9	торец	h12	1,6	точение (подрезка)
10	цилиндрическая	h14	5	точение

«Выбор методики определения припусков зависит от точности поверхности. Для точных поверхностей рекомендуется применять расчетно-аналитическую методику» [21]. Расчет ведем для поверхности 2.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (3)$$

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i-1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (4)$$

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

h – глубина дефектного слоя образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0{,}25 \cdot Td, \quad (5)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0{,}5 \cdot (z_{i\,max} + z_{i\,min}). \quad (7)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21].

«$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0{,}400 + \sqrt{0{,}400^2 + 0{,}025^2} = 0{,}801$ мм.

$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0{,}200 + \sqrt{0{,}063^2 + 0{,}025^2} = 0{,}268$ мм.

$z_{3min} = a_{\text{то}} + \sqrt{\Delta_{\text{то}}^2 + \varepsilon_3^2} = 0{,}025 + \sqrt{0{,}040^2 + 0{,}012^2} = 0{,}292$ мм.

$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0{,}050 + \sqrt{0{,}010^2 + 0{,}012^2} = 0{,}066$ мм.

$z_{1\,max} = z_{1\,min} + 0{,}5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0{,}801 + 0{,}5 \cdot (1{,}6 + 0{,}25) =$
$= 1{,}714$ мм.

$z_{2\,max} = z_{2\,min} + 0{,}5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0{,}268 + 0{,}5 \cdot (0{,}25 + 0{,}10) =$
$= 0{,}443$ мм.

$z_{3\,max} = z_{3\,min} + 0{,}5 \cdot (Td_{\text{то}} + Td_3) = 0{,}292 + 0{,}5 \cdot (0{,}16 + 0{,}10) =$
$= 0{,}422$ мм.

$z_{4\,max} = z_{4\,min} + 0{,}5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0{,}066 + 0{,}5 \cdot (0{,}039 + 0{,}016) =$
$= 0{,}094$ мм.

$z_{\text{ср1}} = 0{,}5 \cdot (z_{1\,max} + z_{1\,min}) = 0{,}5 \cdot (1{,}714 + 0{,}801) = 1{,}258$ мм.

$z_{\text{ср2}} = 0{,}5 \cdot (z_{2\,max} + z_{2\,min}) = 0{,}5 \cdot (0{,}443 + 0{,}268) = 0{,}356$ мм.

$z_{\text{ср3}} = 0{,}5 \cdot (z_{3\,max} + z_{3\,min}) = 0{,}5 \cdot (0{,}422 + 0{,}292) = 0{,}357$ мм.

$z_{\text{ср4}} = 0{,}5 \cdot (z_{4\,max} + z_{4\,min}) = 0{,}5 \cdot (0{,}094 + 0{,}066) = 0{,}080$ мм» [21].

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i\,min} + 2 \cdot z_{i\,min}. \quad (8)$$» [21]

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

$$d_{(\text{то}-1)min} = d_{(i-1)\,min} \cdot 0{,}999. \quad (9)$$» [21]

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10)$$» [21]

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i\,\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (d_{i\,max} + d_{i\,min}). \quad (11)$$» [21]

«Выполняем расчеты.

$d_{4min} = 32{,}002$ мм.

$d_{4max} = 32{,}018$ мм.

$d_{4\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0{,}5 \cdot (32{,}018 + 32{,}002) = 32{,}100$ мм.

$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 32{,}002 + 2 \cdot 0{,}066 = 32{,}150$ мм.

$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 32{,}150 + 0{,}039 = 32{,}189$ мм.

$d_{3\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0{,}5 \cdot (32{,}189 + 32{,}150) = 32{,}170$ мм.

$d_{\text{то}\,min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 32{,}189 + 2 \cdot 0{,}292 = 33{,}229$ мм.

$d_{\text{то}\,max} = d_{\text{то}min} + Td_{\text{то}} = 33{,}229 + 0{,}160 = 33{,}389$ мм.

$d_{\text{то ср}} = 0{,}5 \cdot (d_{\text{то}\,max} + d_{\text{то}\,min}) = 0{,}5 \cdot (33{,}389 + 33{,}229) =$

$= 33{,}309$ мм.

$d_{2min} = d_{\text{то}\,min} \cdot 0{,}999 = 33{,}229 \cdot 0{,}999 = 33{,}188$ мм.

$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 33{,}188 + 0{,}100 = 33{,}288$ мм.

$d_{2\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0{,}5 \cdot (33{,}288 + 33{,}188) = 33{,}238$ мм.

$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 33{,}288 + 2 \cdot 0{,}268 = 33{,}824$ мм.

$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 33{,}824 + 0{,}250 = 34{,}074$ мм.

$d_{1\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0{,}5 \cdot (33{,}074 + 34{,}824) = 33{,}949$ мм.

$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 33{,}074 + 2 \cdot 0{,}801 = 34{,}676$ мм.

$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 34{,}676 + 1{,}600 = 36{,}276$ мм.

$d_{0\text{ср}} = 0{,}5(d_{0max} + d_{0min}) = 0{,}5(36{,}276 + 34{,}676) = 35{,}476$ мм» [21].

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0\,min} - d_{4\,max}. \quad (12)$$» [21]

$2z_{min} = 34{,}676 - 32{,}018 = 3{,}658$ мм.

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (13)$$» [21]

$2z_{max} = 3{,}658 + 1{,}600 + 0{,}016 = 5{,}274$ мм.

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14)$$» [21]

$2z_{\text{ср}} = 0{,}5 \cdot (3{,}658 + 5{,}724) = 4{,}466$ мм.

«Припуски на обработку для остальных поверхностей выбираем с использованием таблиц статистических данных и, используя их, рассчитываем соответствующие размеры заготовки» [19]. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Определение размеров заготовки

Номинальный размер, мм	Суммарный припуск на обработку, мм	Расчетный размер заготовки, мм
∅22	0,9	∅24,8
∅34	0,9	∅32,8
∅97,2	0,9	∅100
20	0,9	20,9
44	0,9	44,9
26	0,9	26,9

После определения основных параметров заготовки, мы переходим к конкретизации ее характеристик, опираясь на данные [7]. В соответствии с этой информацией, заготовка будет иметь следующие параметры. Точность Т4 определяет степень точности размеров заготовки, соответствуя требованиям чертежа и производственным стандартам. Сложность С1 характеризует геометрическую сложность заготовки, отражая количество поверхностей,

отверстий и других элементов конструкции. Сталь группы 2 определяет тип и сорт стали, из которой будет изготавливаться заготовка. Выбор материала основан на требованиях к прочности, твердости, устойчивости к коррозии и другим необходимым свойствам. Конструктивно задаём плоский тип разъема штампа используемого для формирования заготовки. Плоский разъем обеспечивает более простую и эффективную процедуру получения заготовки.

2.2 Разработка плана изготовления детали

Для оптимизации производственного процесса и снижения затрат рекомендуется использовать типовые маршруты, представленные в литературе [13, 14]. Типовые маршруты представляют собой устоявшиеся последовательности операций, оптимизированные для определенных типов деталей и производственных условий.

Однако, при формировании маршрутов обработки для конкретной детали необходимо учитывать ее особенности, такие как точность размеров, шероховатость поверхности и необходимая твердость. Эти параметры являются критическими для функционирования детали и должны быть строго выдержаны.

В данном случае, деталь "Ступица" имеет несколько поверхностей с различными требованиями к точности и шероховатости, что видно на рисунке 2. Например, внутренняя поверхность должна быть обработана с высокой шероховатостью, чтобы обеспечить герметичность и бесперебойную работу механизма. Внешняя поверхность может иметь более грубую обработку, но должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать нагрузки в процессе эксплуатации. Сформированный маршрут изготовления ступицы приведен в таблице 6.

Достижение установленных параметров заготовки это последовательное выполнение ряда операций, каждая из которых имеет свое особое значение и влияет на конечный результат.

Таблица 6 – Маршрут изготовления ступицы

Номер поверхности	Технологические переходы и их параметры	Тип поверхности	Точность	Шероховатость, мкм
1	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	плоскость	6	1,25
	точение: IT 10, Ra 6,3 мкм			
	закалка: IT 11, Ra 6,3 мкм			
	шлифование: IT 8, Ra 3,2 мкм			
	шлифование: IT 6, Ra 1,25 мкм			
2	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	круг	6	1,25
	точение: IT 10, Ra 6,3 мкм			
	закалка: IT 11, Ra 6,3 мкм			
	шлифование: IT 8, Ra 3,2 мкм			
	шлифование: IT 6, Ra 1,25 мкм			
3	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	круг	8	3,2
	точение: IT 10, Ra 6,3 мкм			
	закалка: IT 11, Ra 6,3 мкм			
	шлифование: IT 8, Ra 3,2 мкм			
4	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	фасонная	14	12,5
5	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	плоскость	8	2,5
5	зубонарезание: IT 10, Ra 6,3 мкм	фасонная		
	зубонарезание: IT 8, Ra 3,2 мкм			
	закалка: IT 9 , Ra 3,2 мкм			
6	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	плоскость	14	12,5
7	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	круг	14	12,5
8	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	круг	8	3,2
	точение: IT 10, Ra 6,3 мкм			
	закалка: IT 11, Ra 6,3 мкм			
	шлифование: IT 8, Ra 3,2 мкм			
9	точение: IT 12, Ra 12,5 мкм	круг	8	3,2
	точение: IT 10, Ra 6,3 мкм			
	закалка: IT 11, Ra 6,3 мкм			
	шлифование: IT 8, Ra 3,2 мкм			
10	сверление: IT 12 , Ra 12,5 мкм	круг	8	2,5
	протягивание: IT 9 , Ra 3,2 мкм			
	закалка: IT 10 , Ra 3,2 мкм			

Такой поэтапный подход обусловлен несколькими факторами. Необходимо обеспечить экономическую целесообразность производственного процесса. Существуют технические ограничения используемых методов обработки. Не каждая операция способна обеспечить необходимую точность, шероховатость или твердость заготовки. Поэтому

необходимо использовать разные методы обработки на разных этапах производства, чтобы постепенно добиться требуемых параметров.

Таким образом, поэтапный подход к достижению установленных параметров заготовки позволяет спроектировать производственный процесс с точки зрения экономической целесообразности и технической реализуемости, обеспечивая при этом необходимое качество и точность конечного изделия [18].

«Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями» [18]. Маршрут изготовления также отображается в маршрутной карте (приложение А).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

Металлорежущий инструмент является ключевым элементом производственного процесса и должен гарантировать заданную точность и производительность обработки. Он должен обладать требуемой стойкостью, чтобы минимизировать простои и затраты на его замену. Кроме того, важна быстрая переналадка инструмента, которая позволит быстро переходить с одного типа обработки на другой, увеличивая гибкость и производительность производства. Конкретные типоразмеры инструмента будут выбраны на основании данных [2, 22].

«Средства контроля необходимы для оценки качества изготовленной продукции. Они должны обеспечивать заданную точность контроля, чтобы гарантировать соответствие деталей требованиям чертежа» [10].

«Средства контроля должны соответствовать требованиям безопасности, надежности и универсальности. Выбор типов и моделей средств контроля будет осуществлен на основе данных» [3, 23].

Результаты выбора оборудования и технологической оснастки представим в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства измерения
005	токарная	ток. полуавтомат мод. 1734	наладка 402.11223; кулачки 402.12424	резец 864-11; 25х20х150; пластина 03111-120412 вк6 гост 19049-80	штангенциркуль ши ii-250-0,05-1 гост 166-89
010	токарная	ток. полуавтомат мод. 1734	наладка 402.11223; кулачки 402.12424	резец 864-11; 25х20х150; пластина 03111-120412 вк6 гост 19049-80	штангенциркуль ши ii-250-0,05-1 гост 166-89
015	сверлильная	спец. сверл. станок мод. ам-7787	приспособление 404-11898; плита кондукторная 40411899	сверло 397-0,8 ø 6,8/10; зенкер 747-21 ø 71а4 вк8; сверло 563-100 ø 16 зенкер 742-5030 ø $17,7_{-0,035}$ вк8; развёртка 728-5045 ø 18н9 вк6; метчик 85-12 м8н12	штангенциркуль шц-i-125-0,1-1 гост 166; пробка гм8-7н стп 202 395-88; пробка 71н11 стп 202.392-78; пробка $18^{+0,035}$ стп 202.392-78; пробка резьб. м8-7н стп202.565-85
020	сверлильная	спец. сверл. станок мод. ам-7787	приспособление 404-11900; плита кондукторная 40411901	зенкер 747-20 ø61 а4вк8; зенкер 747-03 а ø54,5н11вк8; сверло 397-08 ø6,8/10; метчик 85-12 м8-н2	пробка 61н11 стп 202.392-78; штангенциркуль шц-i-125-0,1-1 гост 166; пробка гм8-7н стп 202.395-88; пробка 54н14 стп 202.392-78; копир резьб. 2-1,25х470

Продолжение таблицы 7

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства измерения
025	алмазно-расточная	спец. расточн. станок мод. ос-4555	наладка ро-9137а	резец 518-20 ø16 х 50 вк3	скоба $62,5_{-0,3}$ м20-8727; нутромер ни 50-100-1 гост 868; пробка 62р7 стп 202.392-78; пробка 72р7 стп 202.392-78
030	токарная	ток. многорезцовый ст. мод. 1н713	приспособление 402 12706; кулачки 402.12424	резец 529-09; 25х16х140 вк6	штангенциркуль шц-ii-250-0,05-1 гост 166; скоба 132,315 h13 стп 202.507-80
035	слесарная	верстак № 1910	-	напильник е 315 №1 гост 1465-80	-
040	контроль	стол отк	-	-	средства отк

Полученные в ходе проектирования результаты позволяют внести необходимые коррективы в маршрут обработки детали, что обеспечит более эффективный и оптимальный производственный процесс. Варианты маршрутной и операционных карт, представлены в Приложении А.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«На заключительном этапе проектирования технологии изготовления детали необходимо провести проектирование операций технологического процесса» [16].

«С учетом типа производства режимы резания определим по методике, предусматривающей использование опытно-статистических данных» [16]. «Согласно данной методике сначала определяем скорость резания по

формуле:

$$V = V_{\text{Т}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

где $V_{\text{Т}}$ – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки» [16].

Далее по полученной расчетной скорости резания, определяется частота вращения шпинделя по формуле:

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

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или режущего инструмента, мм» [16].

«Нормы на выполнение операций определяются с применением расчетно-аналитического метода» [20]. Длина рабочего хода инструмента на всю операцию определяется по формуле:

$$«L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (17)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_{\text{о}} = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

«Режимы резания и нормирование технологических операций будем выполнять согласно методике для каждой предусмотренной операции механической обработки в пределах технологического процесса» [9]. Выполнив расчёты, сведем полученные результаты для режимов резания и параметров времени на каждую операцию в таблицу 8.

Таблица 8 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Номер перехода	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин
005	1	2	94,2	0,5	1250	0,022
	2	3	98,1	0,5	315	0,57
	3	1,5	98,1	0,5	315	0,57
010	1	3	98,1	0,5	315	0,337
	2	3	98,1	0,5	315	0,337
	3	0,5	124,6	0,5	400	0,175
	4	3	98,9	0,5	630	0,048
015	1	8	31,7	0,23	630	0,64
	2	1	12,6	0,7	200	0,07
020	1	0,2	160,8	0,42	800	0,268
025	1	2	99,04	0,42	400	0,119
030	1	5	4,5	0,1	-	0,44
035	1	3	2,6	0,4	-	8
040	1	1	4,95	0,4	-	4

«На основании полученных результатов по режимам резания и нормированию вносим соответствующие данные в маршрутную карту и операционные карты (приложение А). Далее выполняем проектирование технологических наладок, которые представлены на листах графической части данной выпускной квалификационной работы» [9].

В данном разделе был разработан план изготовления детали, который отражает последовательность выполнения всех технологических операций. Выполнен выбор оборудования и технологической оснастки, что является неотъемлемой частью проектирования технологии изготовления детали.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка токарного патрона

«Анализ 010 токарной операции показал, что используемое на данной операции станочное приспособление не отвечает предъявляемым требованиям в условиях среднесерийного производства, так как не обеспечивает механизацию закрепления» [9]. Данное зажимное приспособления, применяется на токарной операции механообработки ступицы, обрабатываемой на станке мод. 1Н713. Приспособление должно обладать необходимой жёсткостью конструкции, точностью и достаточной силой зажима. В качестве приспособления разрабатываем 3-х кулачковый патрон. Патрон будет устанавливать в переднюю бабку станка. Так как производство автоматизированная и ступица обрабатывается на автоматической линии, то к патрону разрабатываем ещё и электромеханический привод, который будет зажимать и разжимать обрабатываемую деталь без участия человека, во время подачи или захвата промышленного робота [9, 26]. Эскиз операции приведен на рисунке 2.

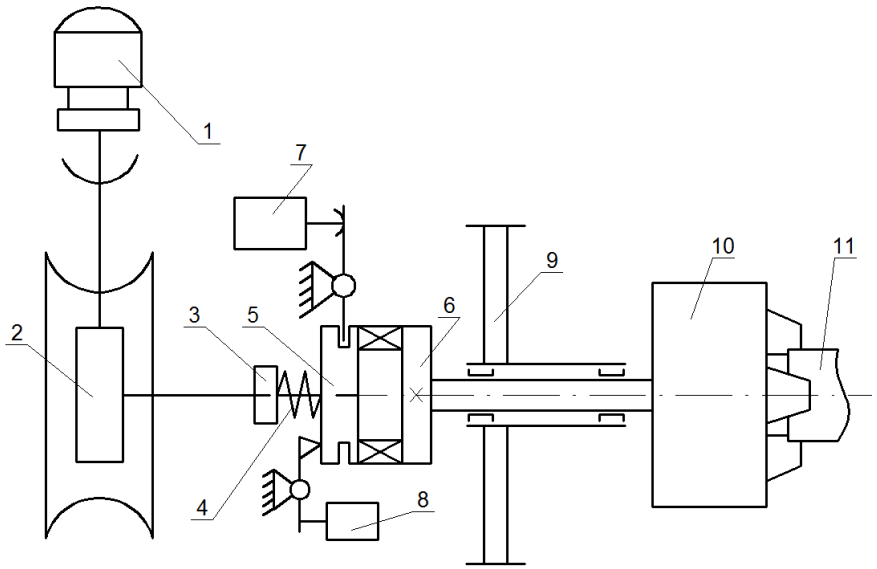


Рисунок 2 – Эскиз операции

Для закрепления и раскрепления заготовки был разработан зажимной патрон с электромеханическим приводом. Двигатель 1 (рис. 2.1) задаёт крутящий момент приводу, через червячный редуктор 2 уменьшается частота вращения зажимного механизма. Кулачки патрона 10 зажимают вал 11 до определённого усилия, как нужное усилие заготовки достигнуто в процессе сопротивления зубья полумуфт 5 и 6 благодаря своему геометрическому конструктиву выходят из зацепления. Вследствие чего подвижная в осевом направлении полумуфта 5 смещается назад сжимая пружину 4 давит через рычаг на выключатель 8, который обесточивает двигатель 1 и выключает привод, также подаётся сигнал на клапан 7, который подаёт шток на рычаг и держит полумуфту 5 вне зацепления с муфтой 6. Гайкой 3 можно регулировать момент выхода из зацепления полумуфт 5 и 6, затягивая гайку пружина 4 сдавливается, момент увеличивается, расслабляя момент уменьшается. Зубчатое колесо 9 закреплённое на валу шпинделя входит в зацепление с шестерней механизма главного движения станка и задаёт шпинделя главное вращение при токарной обработке.

«Далее определяем момент от основной составляющей силы резания P_z, действующей на заготовку по формуле:

$$M_{\mathrm{P}_{P_Z}} = P_Z \cdot \frac{d_{\mathrm{o}}}{2}, \tag{19}$$

где d_{o} – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [9].

«Для надежного закрепления заготовки необходимо создать уравновешивающий момент от силы закрепления, определяемый по формуле:

$$M_{\mathrm{З}_{\mathrm{P_Z}}} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_{\mathrm{з}}}{2}, \tag{20}$$

где W – расчетное усилие зажима, Н;

f – коэффициент;

$d_{\mathrm{з}}$ – диаметр закрепления, мм» [9].

«Условие обеспечения равновесия системы позволяет приравнять эти моменты и вычислить расчетное усилие зажима по формуле:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_з} \cdot K, \quad (21)$$

где K – коэффициент условий выполнения операции» [9].

«Коэффициент условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (22)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние неровностей обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

K_4 – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики зажимного механизма» [26].

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

По формуле (21) рассчитываем усилие зажима.

$W = \frac{4210 \cdot 99{,}2}{3 \cdot 0{,}4 \cdot 24} \cdot 1{,}5 = 14501$ Н.

«Исходя из конструкции проектируемого патрона, усилие зажима на постоянных кулачках изменится. Величину данного усилия можно рассчитать по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1-\frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (23)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [9].

$$W_1 = \frac{14501}{1-\frac{3 \cdot 51}{80} \cdot 0{,}1} = 17924 \text{ Н}.$$

Усилие, создаваемое данным зажимным механизмом, рассчитывается по формуле:

$$«Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (24)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [26].

Передаточное отношение зажимного механизма рассчитывается по формуле:

$$«i_c = \frac{1}{\text{tg}(\alpha+\varphi)+\text{tg}\varphi_1}, \quad (25)$$

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

φ_1 – угол трения плоской поверхности клина, град» [26].

$$i_c = \frac{1}{\text{tg}(20°+6°)+\text{tg}6°} = 1{,}1.$$

Подставляем найденное значение в формулу (24) и производим расчет.

$$Q = \frac{17924}{1{,}1} = 16295 \text{ Н}.$$

Диаметр поршня силового привода определим по формуле:

$$«D = \sqrt{\frac{1{,}27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (26)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа» [26].

$$D = \sqrt{\frac{1{,}27 \cdot 16295}{2{,}5} + 25^2} = 88 \text{ мм}.$$

«Принимаем диаметр поршня привода равным 90 мм» [26].

«Далее необходимо рассчитать точность спроектированного патрона» [26]. Для этого составим соответствующую расчетную схему (рисунок 3).

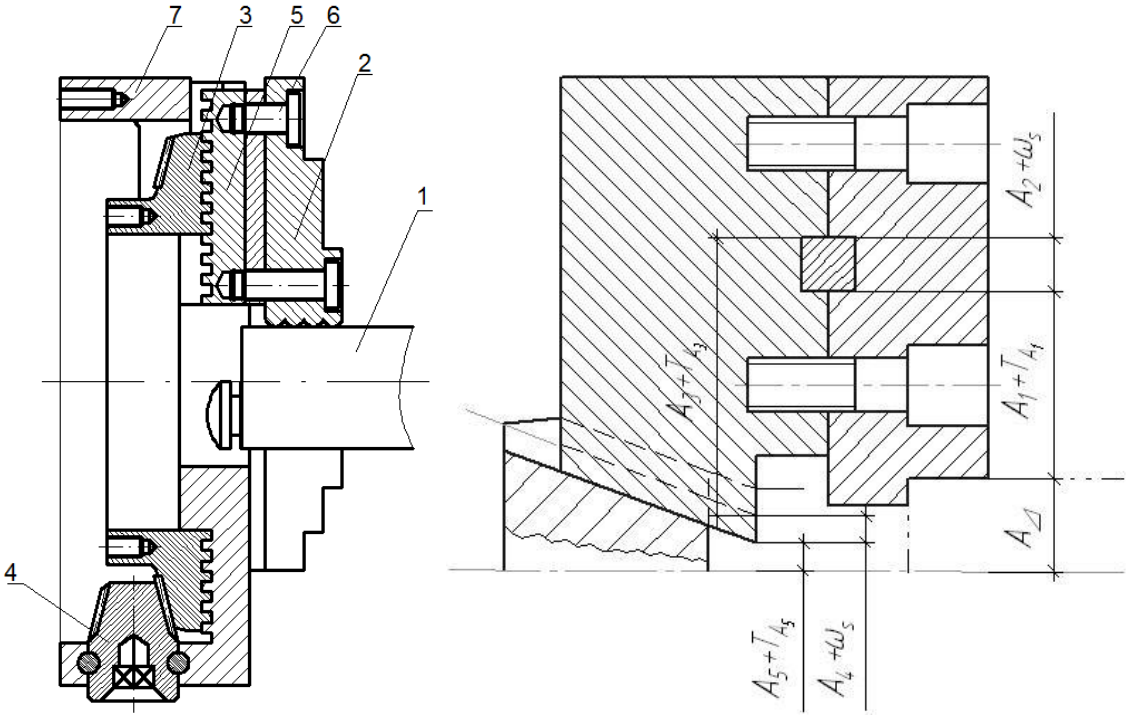


Рисунок 3 – Схема для расчета точности приспособления

Из представленной схемы составляем уравнение для определения погрешности установки в проектируемом патроне:

$$\text{«}\varepsilon_y = \frac{1}{2}\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (27)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1, мм;

Δ_2 –колебание зазора в сопряжении A_2, мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3, мм;

Δ_4 – колебание зазора в сопряжении A_4, мм;

Δ_5 – погрешность изготовления размера A_5, мм» [9].

Примем точность составляющих звеньев цепи по 7 квалитету и произведем расчет.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2}\sqrt{0{,}025^2 + 0{,}030^2 + 0{,}015^2 + 0{,}010^2 + 0{,}010^2} = 0{,}021 \text{ мм}.$$

«Допускаемая погрешность для данного приспособления равна минимальному припуску на чистовую обработку, то есть 0,296 мм» [9].

Для нормальной работы привода принимаем частоту вращения вала круга 3 равным 150 об/мин.

Угловая скорость вала равна: $\omega = 3{,}14 \cdot 150/30 = 15{,}7$ с$^{-1}$

Мощность на валу равна: $P = \omega \cdot Мкр = 15{,}7 \cdot 86 = 1350$ Вт $= 1{,}35$ кВт

Подбираем электродвигатель под данные параметры:

частота вращения двигателя: $n_{дв} = n \cdot Up = 150 \cdot 5 = 750$ об/мин

Up - передаточное число червячного редуктора

мощность двигателя: $Рдв = P/(\eta \cdot Up) = 1{,}35/(0{,}65 \cdot 5) = 0{,}42$ кВт

η - суммарное КПД подшипников и червячной передачи привода.

На основании расчётов выбираем электродвигатель трехфазный короткозамкнутый серии 4А закрытый обдуваемый с синхронной частотой вращения 750мин$^{-1}$ 4А132М4, с параметрами Рном = 5кВт, $n_{ном}$= 750 мин$^{-1}$.

Приспособление в сборе работает следующим образом. Обрабатываемая деталь 1 зажимается тремя кулачками 2 (рисунок 3), кулачки приводятся в движении посредством резьбового соединения от круга 3, который закреплён на валу привода. Также в зацеплении с кругом находятся три конических шестерни 4, которые работают в качестве стопора от разворачивания круга и ослабления зажима заготовки в процессе обработки. Кулачки 2 прикреплены к зубчатым рейкам 5 винтами 6. Данные рейки совершают поступательные движения в пазах корпуса 7. Данное приспособление обеспечивает равномерный зажим и центрирование заготовки. Силовые части патрона

корпус 7, кулачки 2, зубчатые рейки 5 и круг 3 выполнены из прочностной стали 45 ГОСТ 1055-48.

Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б.

3.2 Разработка режущего инструмента

«Одним из путей повышения эффективности производства и качества изделий является все более широкое применение обработки деталей абразивными, алмазными и другими инструментами» [17].

«Алмазные инструменты имеют существенные преимущества по сравнению с инструментами из твёрдосплавных материалов при обработке высоколегированных сталей и сплавов, когда лимитирующими факторами являются высокие требования к отсутствию прижогов и трещин» [9, 17].

«К прочности алмазных пластин σ_t предъявляют очень высокие требования, выполнение которых гарантирует безопасную эксплуатацию резцов» [9]. «Наибольшие напряжения $\sigma_{t\,max}$ у алмазных пластин возникают на поверхности крепления к корпусу резца:

$$\sigma_{t\,max} = \frac{\rho * \omega^2}{160 * g} [(3 + \mu)d^2_k + (1 - \mu)d^2], \quad (28)$$

где ρ - плотность алмаза, г/см^3;

ω - угловая скорость заготовки;

μ - коэффициент Пуассона;

d_k, d – диаметры соответственно отверстия крепления пластин;

g – ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с^2» (17)

«Полагая отношение диаметров в выражении (28) равным 0,36. Учитываем величину коэффициент Пуассона μ = 0,25» [17]. Получаем выражение:

$$\sigma_{t\,max} = 0{,}085\rho\upsilon_K^2, \qquad (29)$$

где $\upsilon_k = \omega * \left(\frac{d_k}{2}\right)$ - окружная скорость, м/с.

«Постоянный коэффициент 0,085 в этой формуле справедлив только для принятого соотношения $d/d_k = 0{,}36$. Плотность крупнокристаллических алмазов твердостью СМ1 обычно находится в пределах 1,5 – 2,00 г/см^3, у средне кристаллических той же твердости – 2,0 – 2,2 г/см^3. Поэтому максимальные напряжения у крупнокристаллических будут соответственно меньше. Это подтверждается также экспериментальными данными по определению предела прочности» [9]. Результаты расчетов сводим таблицу 9.

Таблица 9- Предел прочности образцов при испытании на разрыв

Структура	Степень твердости, МПа		
	М3	СМ2	С2
крупнокристаллическая	8,0	10,0	11,0
средне кристаллическая	7,6	9,6	10,2

«По экспериментальным данным изменение степени твердости от СМ1 до СТ1 повышает предел прочности абразивных образцов более чем в два раза. При переходе от твёрдосплавных резцов к алмазным показатель стойкости пластины при обработке увеличивается на 25 – 30 %» [17].

Выполним расчет многогранной режущей пластины для расточной оправки. Пусть известно, что необходимо расточить отверстия диаметром (D =30 мм) в детали. Будем использовать следующую эмпирическую зависимость

для расчета необходимой силы резания (F). [F = k \cdot A] где (k) — коэффициент резания (зависит от материала пластины и обрабатываемого материала), а (A) — площадь сечения резания (в данном случае можно взять (A = D \cdot a)). Для проверки прочности пластины можно использовать теорию механики материалов. Необходимо убедиться, что напряжения в массиве множества (\sigma), возникающие в пластины в процессе работы, не превышают предела прочности (\sigma_{н}) : [\sigma \leq \sigma_{н}].

Пусть, нужно произвести растачивание отверстия диаметром (D = 30) мм. Выберем согласно рекомендаций источника следующие параметры.

Ширина пластины (b = 25) мм. Длина рабочей части (L = 50) мм.Глубина резания (a = 2) мм. Для стали (k) можем принять равным (200) Н/мм².

Согласно данным [17] эмпирически взаимосвязь внутренних сил и напряжений внутри пластины можно записать в виде текстовой формы.

[A = D \cdot a = 30 \cdot 2 = 60 , \text{мм}^2] [F = k \cdot A = 200 \cdot 60 = 12000 , \text{Н}]

Как показал расчет условие обеспечения прочности пластины для растачивания выполняется если величина внутренних напряжений пластины превышает значения напряжений на поверхности пластины.

«Кинематический угол в плоскости АВ, который контролируется при установке резца на станке, определяется из выражения:

$$tg \propto_k = tg \propto_0 \cdot cos\, \theta_f, \qquad (29)$$

где $\propto_k$ – кинематический угол, град;

$\propto_0$ – теоретический угол зацепления в сечении АС, перпендикулярном образующей начального конуса ОО ступицы , град;

θ_f – угол наклона образующей начального конуса ОО ступицы к внутреннему конусу, град» [17].

Выполним расчеты используя выражение (29) и эмпирические зависимости.

$$tg \propto_k = tg\, 20° \cdot cos\, 6° = 0{,}3235.$$

Отсюда, $\propto_k = 19°54^{|}16^{||}$.

«Расчеты показали, что разница в углах незначительная, поэтому принимаем $\propto_0 = \propto_1 = \propto_k = 20°$. Соответственно условие прочности пластины выполнено» [17].

«В данном разделе спроектирован инструмент, который оснащен многогранной алмазной пластиной, характеризуется тщательно подобранной геометрией режущей части, обеспечивающей высокое качество обработки материалов и максимальную стойкость к износу пластины. Это доказывает, что цели, поставленные перед проектировщиками, были успешно реализованы, и данный инструмент отвечает всем необходимым требованиям для эффективного выполнения своих задач. Таким образом, его проектирование можно считать вполне соответствующим поставленным задачам проектирования в начале данной работы» [17]. Конструкция инструмента для растачивания представлена в графической части работы и в приложении Б.

«В ходе выполнения данного раздела разработаны технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции» [17]. С целью устранения выявленных недостатков спроектирован патрон для установки заготовок на токарных операциях и режущий инструмент для проведения рассточной операции.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

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

«Обеспечение производственной безопасности на участке по изготовлению ступицы основано на анализе выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. Данную информацию представим в виде паспорта (таблица 10), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 10 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления ступицы	токарная операция	оператор станков с числовым программным управлением	обрабатывающий центрЧПУ, трехкулачковый самоцентрирующий патрон, резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная операция	оператор станков с числовым программным управлением	обрабатывающий центрЧПУ, специальное зажимное приспособление, резец зубострогальный для прямозубых конических колес	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

«Как видно из представленного технологического паспорта

особенностью технологического процесса является широкое использование станков оснащенных системами числового программного управления» [6].

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«На основе анализа таблицы 10 проведем идентификацию опасных и вредных производственных факторов, возникновение которых возможно на рассматриваемом производственном участке при изготовлении детали» [6]. Результаты приведем в таблице 11.

Таблица 11 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
токарная операция, расточная операция	неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	станок, средства технологического оснащения
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, средства оснащения, транспорт»[6]

Продолжение таблицы 11

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
	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	станок
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	станок, средства технологического оснащения
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	стереотипные рабочие движения	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт» [6]

«Приведенные в таблице 11 опасные и вредные факторы могут нанести вред работникам производства, а часть из них повлиять на качество выполняемых работ. Основными источниками опасных и вредных факторов являются технологическое оборудование и средства технологического оснащения» [6].

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«С целью снижения влияния выявленных опасных и вредных факторов, возникающих при выполнении технологического процесса, а также приведения их к нормативным значениям, необходимо разработать специализированные меры и произвести выбор специальных технических средств» [6]. Полученные результаты приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«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
неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	фартук для защиты от общих производственных загрязнений, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны	костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием
опасные и вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем общей вибрации	инструктаж, виброгасящие устройства и приспособления	ботинки кожаные с защитным подноском» [6]

Продолжение таблицы 12

«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
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	инструктаж, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума	наушники противошумные или вкладыши противошумные
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	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, система аварийного отключения оборудования, средства изоляции	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктаж по охране труда, устройства местного освещения	–
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм	инструктаж по охране труда, устройств ограждающие опасные зоны	халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, фартук для защиты от общих производственных загрязнений
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические регламентируемые перерывы	–
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	–

«Разработка приведенных в таблице 12 мер позволит снизить влияние опасных и вредных факторов до нормативных значений, что обеспечит соответствующие условия труда, снизит риск травматизма и появления профзаболеваний» [6].

«Выполнение данного раздела позволило рассмотреть вопросы обеспечения производственной безопасности выполнения технологического процесса. Для этого проведен анализ выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. На основе данного анализа проведена идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникновение которых возможно на рассматриваемом производственном участке. Определены источники их возникновения. Разработаны специализированные меры и произведен выбор специальных технических средств, позволяющие снизить влияние выявленных опасных и вредных факторов» [6].

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» [12].

При написании бакалаврской работы было предложено изменить:

– оборудование на токарной операции 030;

– оборудование на расточной операциях 035 и 040;

– оборудование на фрезерной операции 050;

«Эти изменения привели к сокращению трудоемкости выполнения описанных операций, что с технологической точки зрения доказывает эффективность данного изменения. Однако, это предстоит подтвердить еще и с экономической точки зрения, что и будет выполнено в рамках раздела 5 бакалаврской работы» [12].

«Все необходимые технические параметры, такие как: основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 030 – 050, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники: паспорт станка, данные предприятия по тарифам на энергоносители, сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники» [12].

«Кроме перечисленных источников для расчета применялось программное обеспечение Microsoft Excel» [12]. С помощью него были рассчитаны «капитальные вложения по сравниваемым вариантам, технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций, калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса, приведенные затраты и выбор оптимального варианта, показатели

экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [12, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На рисунке 4, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 2534938,67 рублей.

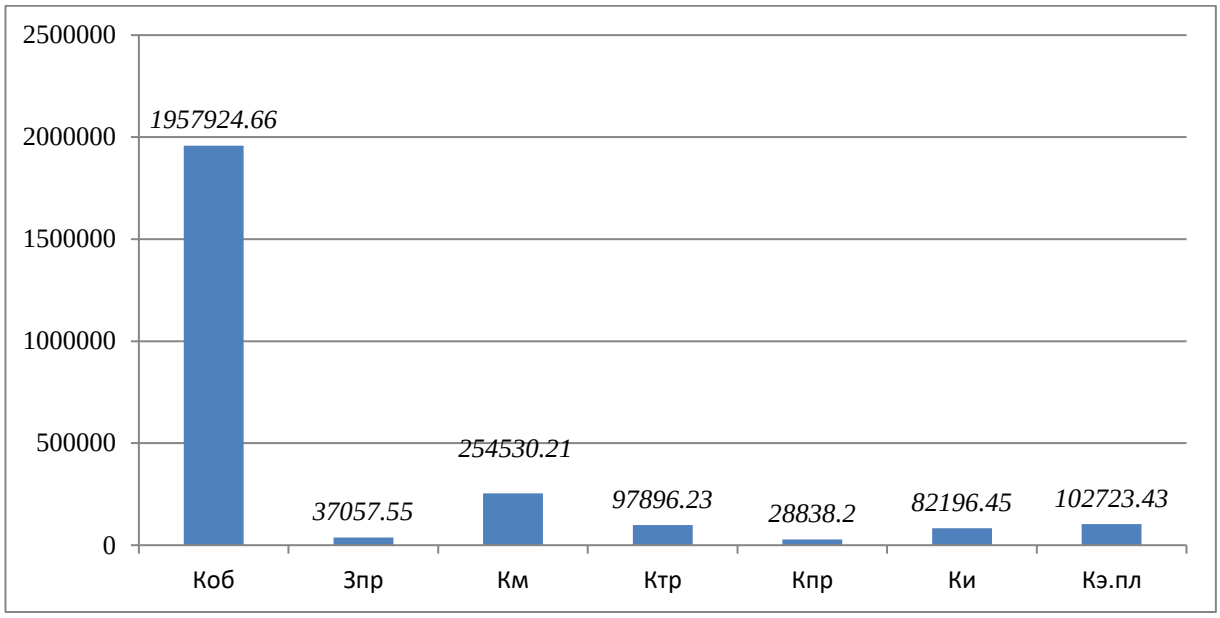


Рисунок 4 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование ($К_{ОБ}$), величина которых составляет 76,41 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 10 % от общей величины капитальных вложений» [12].

На рисунке 5 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали , по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

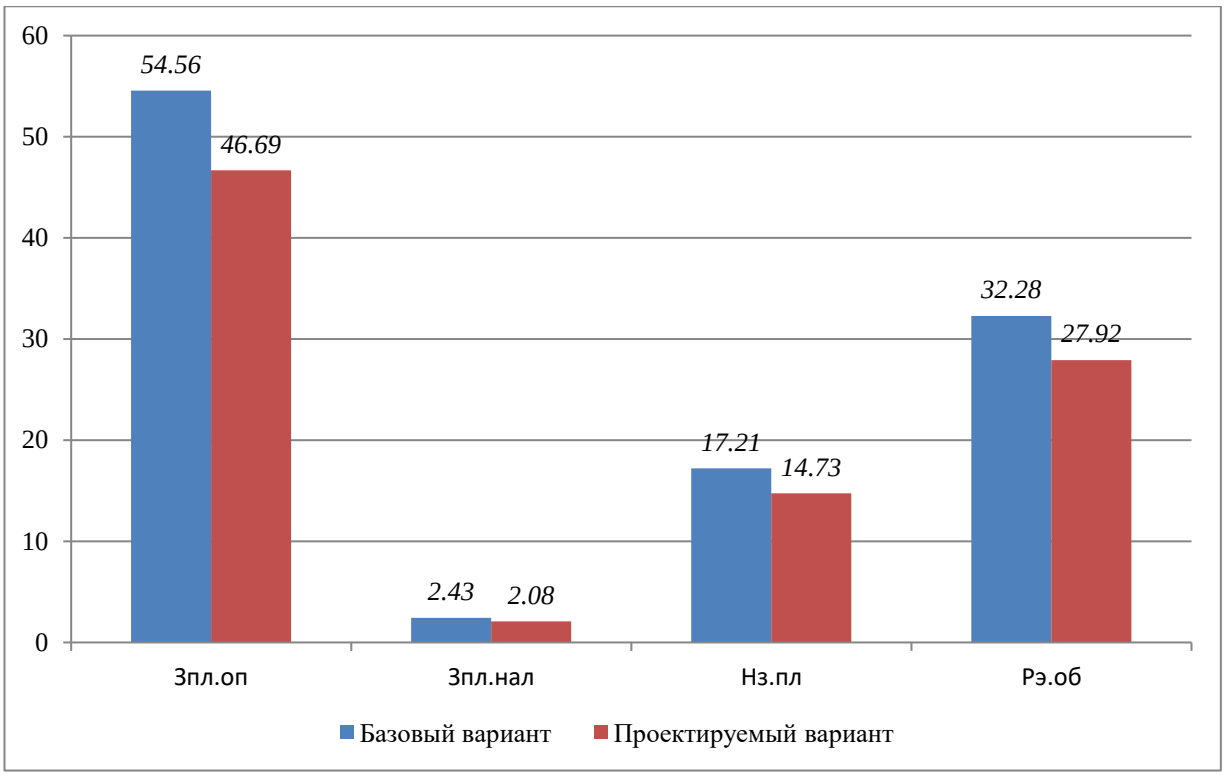


Рисунок 5 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали, по вариантам, руб.

«Анализируя диаграмму на рисунке 5, видно, что две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости. Первая это заработная плата оператора ($З_{ПЛ.ОП}$), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях, доля которой составляет 51,55 % для базового варианта и 51,31 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости. Вторая это расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 35,31 % для базового варианта и 38,54 % для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости» [12].

Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операциям 030-050 технологического процесса, представлены на рисунке 6.

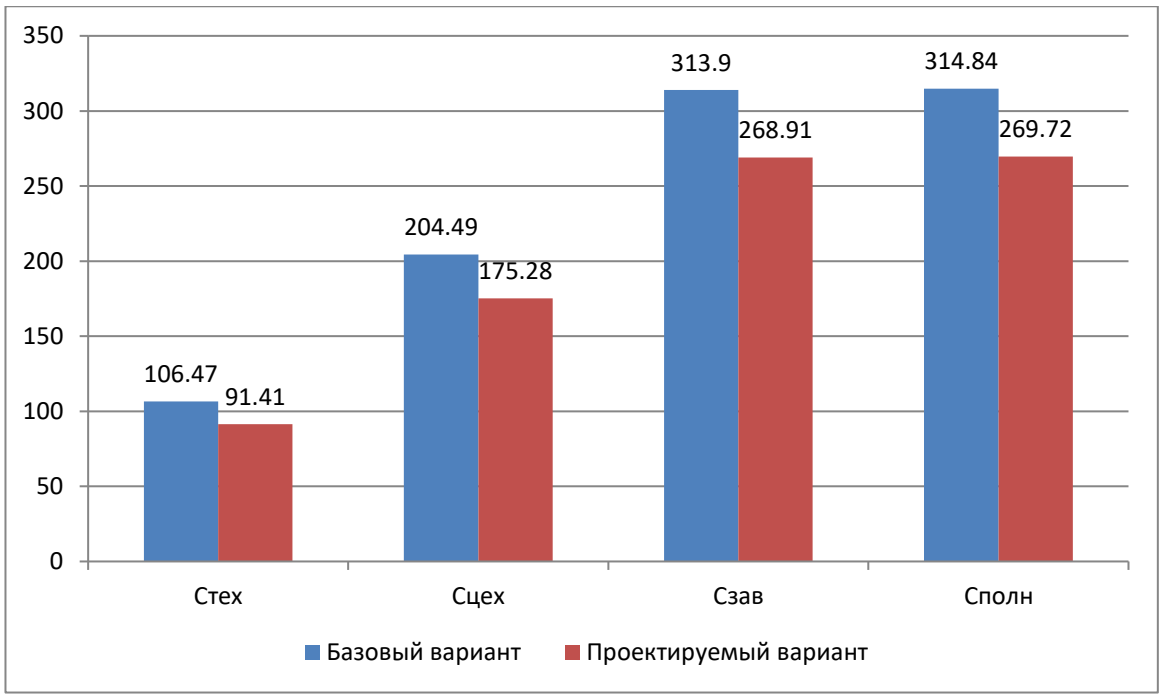


Рисунок 6 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно рисунку 6, значение полной себестоимости ($С_{полн}$) для базового варианта составило 396,14 рубля, а для проектируемого варианта – 209,52 рубля.

«Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 2961166,11 рублей, окупятся в течение 4-х лет. Такой срок является максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход. Величина данного показателя составляет 663933,18 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,29 рублей» [12].

Заключение

Одним из наиболее перспективных направлений для увеличения производительности механической обработки, а также сокращения связанных с ней затрат, является внедрение оборудования, оснащённого системами числового программного управления (ЧПУ). Эти системы позволяют значительно повысить точность и качество обработки, а также оптимизировать время выполнения операций.

В результате, обрабатывающие центры, оборудованные данными системами, становятся востребованными и находят широкое применение в современных производственных процессах.

В данной работе особое внимание уделяется технологии изготовления ступицы привода легкового автомобиля. Разработка технологии и производство ступиц несомненно ставит перед инженерами ряд сложных задач, связанных с выбором оптимальных методов механической обработки, материалов и технологий, которые позволят обеспечить необходимую прочность и долговечность данной детали.

Рассмотрение отдельных операций, позволяет глубже понять весь цикл разработки и производства, что в конечном итоге приводит к улучшению качества продукции и повышению её стоимости на рынке. Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы, которая заключается в разработке технологического процесса изготовления ступицы обеспечивающего выпуск его годовой программы в соответствии всем техническим требованиям можно считать обоснованной и актуальной.

Все задачи, поставленные в ходе выполнения работы, достигнуты. В связи с этим цель данной выпускной квалификационной работы, которая заключалась в разработке технологического процесса изготовления ступицы легкового автомобиля, обеспечивающего выпуск годовой программы деталей отвечающих всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства можно считать достигнутой.

Список используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/148334 (дата обращения: 15.08.2021).

2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/166346 (дата обращения: 18.09.2021).

3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.

4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. –203 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/140032 (дата обращения: 15.08.2021).

5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.

6. 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: 10.10.2021).

7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов,

К.М. Иванов, П.П. Серебреницкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/75160 (дата обращения: 16.08.2021).

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/61360 (дата обращения: 19.09.2021).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: http:// www.investstanok.ru (дата обращения: 05.09.2021).

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/142335 (дата обращения: 16.08.2021).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: http://hdl.handle.net/123456789/13 (дата обращения: 12.10.2021).

13. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/165090 (дата обращения: 18.09.2021).

14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/143709 (дата обращения: 19.08.2021).

15. 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.

16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/121986 (дата обращения: 09.09.2021).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –256 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/64341 (дата обращения: 23.09.2021).

18. 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: 13.08.2021).

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

20. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/60989 (дата обращения: 07.09.2021).

21. 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.

22. 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.

23. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и

др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/160688 (дата обращения: 26.09.2021).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.08.2021).

26. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://e.lanbook.com/book/75715 (дата обращения: 23.09.2021).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118 – 82 Форма 1

| | | |

Продолжение таблицы А.1

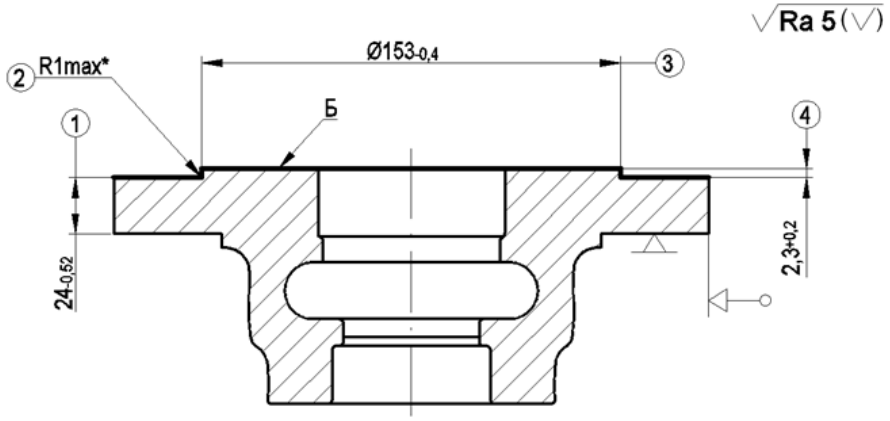
ГОСТ 3.1118 – 82 Форма 1

| | | |

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118 – 82 Форма 1

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
																3	24
Разраб.	Толеубаев																
Пров.	Левашкин																
Н.Конт.					Ступица										У		005



1. Неплоскостность поверхности Б не более 0,15 мм.
2. * Размеры обеспечтваются инструментом.

КЭ		

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

| | | |

Продолжение таблицы А.1

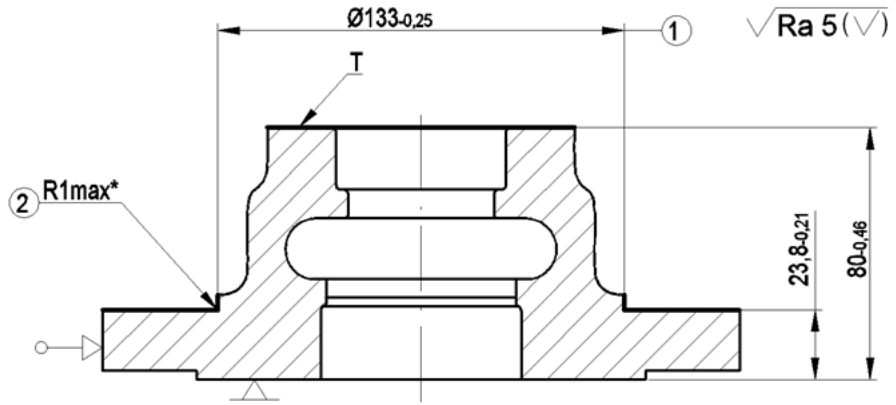
ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

| | | |

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118 – 82 Форма 1

Дубл.																	
Взам.																	
Подп.																	
																6	24
Разраб.	Толеубаев																
Пров.	Левашкин																
Н.Конт.					Ступица										У		010



1. Неплоскостность поверхности Т не более 0,15 мм.
2. * Размеры обеспечтваются инструментом.

КЭ		

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																	7	24	
Разраб.	Толеубаев																		
Пров.	Левашкин																		
Н.Конт.				Ступица												У	010		

Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КоиД
Токарная	СЧ 15 ГОСТ 1412-85						

Оборудование, устройство ЧПУ	Обозначение программы	То	Тв	Тп.з.	Тшт.к.	СОЖ
Ток. полуавтомат мод. 1734		1,017	0,56	0,032	2,13	3%-водный раствор укринола

Р	Содержание перехода	ПИ	Д или В	L	t, мм	i	S, $\frac{мм}{об}$	n, $мин^{-1}$	V, м/мин	Тв	То
01											
О 02	Установить деталь в приспособлении е и закрепить её										
Т 03	Наладка 402.11223										
Р 04	Кулачки 402.12422										
05											
О 06	1. Точить деталь, выдерживая размеры 1,2,3,4										
Т 07	Резец 864-11; 25х20х150; Наладка РО-12876										
08	Пластина 03111-120412 ВК6 ГОСТ 19049-80										
Р 09	Резец 864-11; 25х20х150;										
О 10	Пластина 01111-160412 ВК6 ГОСТ 19043-80										
Т 11	Державка В34-13583										
12	Скоба $133_{-0,25}$ СТП 202ю507-80										
Р 13	Скоба $80_{-0,46}$ М20-9702										
14											
О 15											
Т 16											
17											
ОК											

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

| | | |

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118 – 82 Форма 1

| | | |

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1404 – 86 Форма 3

| | | |

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
А				*Сборочный чертёж*		
1						
				Сборочные единицы		
		1		*Кулачок*	*3*	
				Детали		
		6		*Корпус*	*1*	
		8		*Диск*	*1*	
		1		*Конусная шестерня*	*1*	
		2				
		1		*Крышка*	*1*	
		4				
		1		*Рейка*	*3*	
		6				

				24.БР.ОТМП.135.65.00.000СБ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Погецов			Лит. / Лит. / Листов 1
Пров.		Левшкин			Приспособление станочное
Т.контр.					ТГУ, Мбп–1901а
Н.контр.		Логинов			
Утв.					

Формат А4