

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 ступицы

Обучающийся

А.В. Полевой

(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 2023

Аннотация

Цель данной выпускной квалифицированной работы заключается в разработке технологического процесса для производства ступицы привода автомобиля, который обеспечит выпуск годовой программы деталей, соответствующий всем техническим требованиям в условиях среднесерийного производства. При выполнении работы учтены современные технологии скоростной обработки заготовок на оборудовании с числовым программным управлением, что способствует снижению себестоимости и затрат на мехобработку, сокращает объемы ручного труда.

Структура проекта включает в себя пять основных разделов. Первый раздел включает задачи проектирования, которые определены на основе первичного анализа функционального назначения детали и условий ее эксплуатации, технологических показателей и типа производства. Второй раздел работы представляет собой разработку процесса изготовления детали, основанного на стандартном технологическом процессе. В этой части были определены методы получения заготовки, разработан план ее изготовления, выбрано необходимое оборудование и технологическая оснастка, а также разработаны операции технологического процесса. В рамках третьей части проводятся технические мероприятия с целью усовершенствования основного способа производства данной детали. Здесь выявлены операции, подлежащие доработке, и разработаны специальные приспособления и режущий инструмент для этих операций. В четвертом разделе проводится анализ предлагаемой технологии изготовления детали с учетом аспектов безопасности и экологии производства. Определяются меры по исправлению обнаруженных негативных воздействий на персонал. В пятом разделе проводится комплексная оценка экономических показателей разработанной технологии, на основе которой делается вывод о ее эффективности.

Работа включает 65 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.....	6
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.....	21
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	22
2.4 Проектирование операций технологического процесса	24
3 Разработка специальной технологической оснастки	28
3.1 Разработка станочного приспособления.....	28
3.2 Разработка режущего инструмента	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта	40
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта	40
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	41
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	43
5 Экономическая эффективность работы	47
Заключение	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация.....	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	64

Введение

Для достижения высокого качества и конкурентоспособности продукции, необходимо разрабатывать технологические процессы их изготовления, учитывая экологические и эргономические требования для обслуживания и эксплуатации. Для этого необходимо внедрять прогрессивные технические решения в области машиностроения, используя последние достижения в области механической обработки.

Сегодня особенно актуальным является применение технологии скоростной обработки заготовок, путем применения прогрессивного режущего инструмента. Современное оборудование с числовым программным управлением значительно повышает производительность, точность и качество изготавливаемых изделий, и способствует также снижению себестоимости и издержек процесса обработки. Это также приводит к уменьшению трудозатрат, благодаря автоматизации производства.

Кроме того, эффективность автоматизированного инновационного производства можно обеспечить путем применения обрабатывающих центров, которые позволяют осуществлять различные технологические переходы благодаря многообразному модульному инструментальному и технологическому оснащению. Это снижает вероятность травм и возможность производственного брака, связанного с человеческим фактором. Обеспечивает высокую повторяемость типоразмеров выпускаемых деталей.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления детали ступица переднеприводного автомобиля с заданной программой выпуска и обеспечением всех технических требований. Заявленная цель будет достигнута путем применения современного высокоточного, многоцелевого и многоинструментального автоматизированного оборудования с ЧПУ, которое обеспечит высокую производительность, повторяемость, а также снижение отходов производства и минимизацию брака при изготовлении детали.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Деталь ступица, входит в состав ходовой части привода. Ходовая часть состоит из балки моста и двух полуосей.

На концах балки приварены кронштейны для крепления колес. С левой внутренней стороны балки моста приварен двуплечий рычаг с тремя парами отверстий. Отверстия меньшего плеча используются для подсоединения тяги, соединяющей мост со спицей; отверстия большего плеча для подсоединения силового гидроцилиндра и механизма фиксации. Балка моста шарнирно закреплена в подшипниках скольжения рамы автомобиля.

Оси ходовых колес расположены на одной прямой, крепятся во втулках кронштейнов балки моста и фиксируются болтами.

Для исключения разфиксации крепления обода к ступице левого по ходу движения колеса имеет левую резьбу. Подшипники колес необходимо своевременно смазывать, особое внимание следует обращать на смазку внутреннего подшипника

При механической обработке фланца особое внимание необходимо обратить на технические требования, определяющие точность обработки.

Качество и точность обработки определяется измерительными приборами, которыми измеряется диаметр отверстий.

«Выполнение этих требований возможно при соблюдении технологического регламента изготовления детали на всех переходах обработки и при использовании точных и жёстких приспособлений, инструмента» [1].

«Воздействие внешних факторов на работу ступицы практически исключено, так как конструкция коробки скоростей представляет собой закрытый корпус, что не позволяет проникнуть внутрь различным

технологическим жидкостям и производственным загрязнениям. Температурный режим не претерпевает сильных изменений с течением времени, так как подразумевается, что обрабатывающий центр работает в нормальных условиях производственного помещения отвечающего всем нормам. Ступица получает заложенное конструктором при проектировании количество смазки, что также обеспечивает нормальный температурный и смазочный режим» [2].

«Анализ показал, что по своему функциональному назначению деталь является типовой. При этом условия ее эксплуатации можно охарактеризовать как неагрессивные. В конструкции детали не требуется применения специальных сталей, а для ее изготовления не требуется применения специальных методов механической и термической обработки» [3].

1.2 Анализ технологических показателей детали

Показатели технологичности рассматриваемой шестерни определим с использованием рекомендаций [5].

Технологичные материалы имеют особую важность в проектировании и производстве изделий. Они облегчают процесс обработки и формирования деталей, что ведет к экономии времени и ресурсов. Кроме того, они обеспечивают достижение необходимых свойств детали, что является критическим в многих областях применения [5].

Химический состав материала играет важную роль в формировании его свойств. Включение определенных элементов может улучшить прочность, твердость или устойчивость к коррозии материала. Например, добавление в материал металлических примесей может увеличить его механические свойства и стабильность при длительной эксплуатации [5].

Механические свойства материала также влияют на его технологичность. Материалы с высокой обрабатываемостью резанием обеспечивают легкость и эффективность процесса обработки. Такие

материалы могут быть легко режущими, а также устойчивыми к износу и деформации при обработке. Управление механическими свойствами материала позволяет достигать определенной формы заготовки и обеспечивать требуемую механическую прочность и стабильность при эксплуатации [5].

Недостаточное внимание к технологичным свойствам материала может привести к проблемам в процессе производства и использования изделия. Например, материалы с низкой обрабатываемостью резанием могут приводить к повреждению инструментов и снижать производительность процесса. Неправильный химический состав материала может привести к несоответствию требуемых свойств детали, что может привести к ее деформации или поломке.

В целом, технологичность материала является важным фактором при выборе и использовании его в производстве. Это свойство обеспечивает возможность получения необходимой формы заготовки, хорошую обрабатываемость резанием и обеспечивает требуемые свойства детали. Отмечается, что химический состав и механические свойства материала являются ключевыми факторами, определяющими его технологичность..

Ступица изготавливается из конструкционной стали 35 ГОСТ 1050-85. Определенные согласно данным [25] характеристики стали представлены в таблице 1 химический состав, в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 – Химический состав

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
плотность, ρп, кг/см ³	7850	7830	7800	7760	7730	7700	7670	-	-	-
коэффициент теплопроводности Вт/(м · °С)	38	38	37	37	36	34	33	31	30	-
электросопротивление (ρ, Н м)	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-
температура испытания, °С	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100	20 - 100

Таблица 2 – Механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение после разрыва, %	Твердость по Бринеллю
490	655	45	15	212-248

Исходя из химического состава стали можно заключить, что она обладает высокой прочностью и твердостью, а также хорошей стойкостью к износу. По содержанию углерода она может быть подвергнута термической обработке для достижения заданных свойств, таких как повышение твердости или улучшение стойкости к коррозии.

«Другим ключевым вопросом технологичности конструкции детали является количество ответственных поверхностей, для обработки которых требуется применять высокоточные финишные операции. Для того, что бы выявить данные поверхности необходимо классифицировать поверхности детали по назначению по методике» [15].

«На рисунке 1 выполнен эскиз рассматриваемой детали. 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» [14].

Технологичность механической обработки является одним из ключевых аспектов в современной промышленности. Она определяет возможности и эффективность процессов обработки материалов с использованием механических методов, таких как фрезеровка, токарная обработка, сверление, шлифовка и другие.

Основной целью обеспечения технологичности механической обработки является достижение высокой точности и качества обработанных деталей, а также улучшение производительности процессов. Важно правильно определить параметры обработки для каждой поверхности детали.

Современные станки и инструменты обладают большой гибкостью и автоматической настройкой, что позволяет кратно ускорить и упростить процессы обработки. Кроме того, важным аспектом является использование новейших технологий и инноваций в области обработки материалов, таких как лазерная обработка, аддитивные технологии и другие.

С появлением новых материалов и технологий, процессы обработки становятся более точными, эффективными и экологически безопасными. Необходимо применять новые методы и технологии в технологических процессах для достижения точностных параметров с минимальными затратами и трудоемкостью.

Технология механической обработки ступицы является приемлемой. Это можно заключить из того, что изготовление данной детали возможно с помощью современного типового оборудования и технологического оснащения путем использования прогрессивной геометрии режущего инструмента и механизации станочного оснащения на операциях.

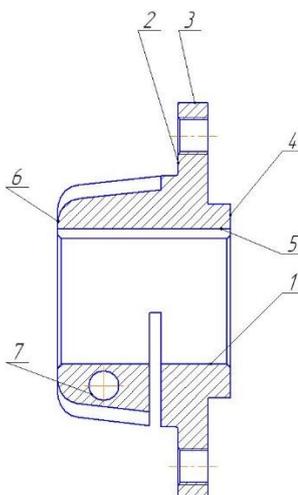


Рисунок 1 – Эскиз детали

Таким образом, при проектировании и разработке техпроцесса изготовления ступицы можно обеспечить точность «схем базирования и соблюдение всех принципов базирования, что значительно ускорит процесс и позволит избежать появления завышенного припуска на обработку и снижения точности» [15].

Анализ технических характеристик детали показывает, что ступицы соответствует основным требованиям по технологичности детали и требует незначительных конструктивных изменений. В процессе производства ступицы можно применить типовые технологические процессы с использованием стандартизированного оборудования и технологического оснащения.

1.3 Анализ типа производства

«Анализ типа производства требует его предварительного определения. Исходя из имеющихся данных, наиболее подходящей в данном случае является методика основанная на определении типа производства исходя из массы детали и годовой программы выпуска. В данном случае при массе 1,2 кг и программе выпуска 10000 штук тип производства среднесерийный» [14].

Анализ данного типа производства произведем с использованием данных [1].

«При разработке технологических процессов необходимо придерживаться последовательной стратегии. Применяется циклическая, линейная, интегральная, жесткая стратегия в обоснованном случае» [1]. Техпроцесс организован по непоточной форме, при этом детали изготавливаются в числе повторяющихся партии.

«Заготовку для среднесерийного производства можно получить различными относительно недорогими методами, такими как прокат, штамповка или литье. При разработке заготовки выбираются методы обработки поверхностей с учетом коэффициентов удельных затрат. Припуски

для обработки могут быть определены на основе статистических данных или вычислены для достижения точных поверхностей» [1].

При разработке технологии производства учитываются типовые маршруты и операционные процессы. Выбор подходящего маршрута основан на определении, является ли обработка экстенсивной или интенсивной, в зависимости от характеристик имеющегося оборудования и его технологических возможностей. Важным фактором является также соблюдение требований по точности обработки для чего активно применяется метод работы с настроенным оборудованием.

1.4 Задачи работы

После проведения анализа исходных данных, необходимо выполнить ряд задач для разработки и проектирования технологического процесса.

Это определение типа производства и выбор стратегии разработки технологического процесса. Это необходимо, поскольку каждый тип производства требует своего выбора исходных данных при разработке техпроцесса. Необходимо выбрать оптимальный технологический маршрут исходя из программы производства детали и требуемых показателей качества.

Выбор оптимального метода получения заготовки и маршрутов обработки поверхностей. На этом этапе определяются наиболее эффективные методы получения заготовки и обработки поверхностей. Учитываются различные факторы, такие как материал заготовки, требования к качеству обработки и эффективность технологического процесса.

Разработка технологического маршрута и схем базирования заготовки. На этом этапе определяются последовательность и способы выполнения операций обработки, а также размещение заготовки на рабочей поверхности оборудования. Это позволяет оптимизировать процесс с точки зрения обеспечения его безопасности и экологичности в условиях производства, сократить время на выполнение операций.

Выбор оборудования, приспособлений, режущего инструмента и средств контроля. В зависимости от требований и свойств заготовки, выбирается подходящее оборудование, приспособления, режущий инструмент и средства контроля. Это важно для обеспечения качественной и эффективной обработки заготовки.

Расчет припусков на обработку и проектирование заготовки. На этом этапе определяются необходимые припуски на обработку, чтобы достичь требуемой геометрической формы и размеров заготовки. Также проектируется сама заготовка с учетом требований и возможностей производства.

Определение содержания операций, расчет режимов резания и времени на обработку. Этот этап включает определение лимитирующих операций, необходимых для обработки заготовки, расчет оптимальных режимов резания и определение времени, необходимого для выполнения каждой операции.

В настоящее время высокоскоростная обработка осуществляется на оборудовании с ЧПУ, используя высокоточные методы получения заготовки и режущие инструменты, имеющие более прогрессивную конструкцию и материал режущей части. Числовое программное управление обеспечивает высокую производительность обработки деталей, точность и качество их изготовления, а также снижает затраты на процесс обработки. Для этого выполняем проектирование конструкции приспособлений с автоматизацией зажима и разжима заготовки, так как это позволит сократить потери времени на выполнение процессов крепления и установки заготовки в приспособлении станков с ЧПУ, применяющихся на технологических операциях.

В этой связи, на последнем этапе выполняется технико-экономическая оценка проектируемого варианта технологического процесса.

В целом, задачи направлены на разработку эффективного технологического процесса, который позволит достичь требуемого качества и производительности производства детали ступица.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

Задача обоснования выбора метода получения заготовки традиционно решается путем экономического сравнения стоимости их получения. «Методы получения заготовок приемлемые в данном случае, в соответствии с проведенным в пункте 1 данной работы анализом, ограничиваются прокатом, штамповкой и литьем» [4]. «Проанализировав данные методы с применением литературных данных приходим к выводу, что получение детали из проката будет заведомо экономически невыгодным, поэтому данный метод исключаем из сравнения» [8].

При механической обработке у детали имеются удобные поверхности для её установки в приспособлениях соблюдая правило единства и постоянства баз при выполнении основных наиболее точных размеров. Имеется свободный доступ к обрабатываемым поверхностям и выход режущего и измерительного инструмента.

Учитывая результаты проведенного анализа, признаем, что конструкция детали в целом технологична.

«Метод получения заготовки литьем ограничивается свойствами применяемой стали, но у данной стали есть заменитель с улучшенными литейными свойствами, поэтому данный метод принимаем к рассмотрению как один из возможных. Метод штамповки является одним из оптимальных с учетом свойств стали и серийности производства, поэтому его также принимаем к сравнению» [8].

«Стоимость заготовки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

k_T – коэффициент точности;

k_C – коэффициент сложности;

k_B – коэффициент марки материала;

k_M – коэффициент массы заготовки;

k_{II} – коэффициент объема производства;

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

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

$$\langle Q = q \cdot K_P, \quad (2)$$

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.

$$Q = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем равна.

$$Q = 1,67 \cdot 1,2 = 2,0 \text{ кг.}$$

Все коэффициенты, а также базовая стоимость получения заготовок и стоимость отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) принимаем по справочным данным [4] и выполняем соответствующие расчеты.

Стоимость заготовки получаемой штамповкой равна.

$$\begin{aligned} S_{ЗАГ} &= (56,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (1,8 - 1,2) = \\ &= 76,28 \text{ р.} \end{aligned}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем равна.

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

= 95,85 р.

«Расчеты показали, что заготовка полученная методом штамповки будет в данном случае более выгодна. Из анализа литературы делаем вывод, что учитывая материал, конфигурацию детали и серийность производства наиболее подходящим является метод получения заготовки на горизонтально-ковочной машине» [8].

«Проектирование заготовки, получаемой на горизонтально-ковочной машине, проведем по рекомендациям и с использованием данных» [7].

Заготовка ступица представляет собой поковку. Класс сложности поковки С-3, что обуславливается конструктивными особенностями. Деталь изготавливается из стали 35 ГОСТ 1050-85, которая обладает хорошей обрабатываемостью при резании. Изменение в проекте метода получения заготовки даёт возможность уменьшить величину припусков, что ведёт к экономии металла, сокращению количества проходов при механической обработке.

«Разработка маршрутов обработки поверхностей произведем по методике» [11]. Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Наименование обработки	Условное обозначение баз	Оборудование	Приспособление	T _к , мин
Токарно-револьверная	1, 4	Токарно-револьверный 1П365	Специальное приспособление	4.764
Токарная с ЧПУ	2, 3	Токарный TUR50SN	Специальное приспособление	14.91
Горизонтально-протяжная	1, 4	Горизонтально-протяжной 7Б56	Специальное приспособление	0.58
Слесарная		Слесарный верстак		0.28
Вертикально-сверлильная	1, 2, 5	Вертикально-сверлильный 2Н135	Кондуктор	1.069

Продолжение таблицы 3

Наименование обработки	Условное обозначение баз	Оборудование	Приспособление	Тк, мин
Радиально-сверлильная	1, 4, 5	Радиально-сверлильный 2Н55	Кондуктор	5.492
Вертикально-сверлильная	1, 4, 5, 6	Вертикально-сверлильный 2Н125	Сверлильное УПС	1.132
Вертикально-сверлильная	1, 5, 7	Вертикально-сверлильный 2Н125	Сверлильное УПС	0.555
Вертикально-сверлильная	1, 5, 7	Вертикально-сверлильный 2Н125	Сверлильное УПС	0.577
Горизонтально-фрезерная	1, 4, 5, 6	Горизонтально-фрезерный 6Р82		4,716
Горизонтально-фрезерная	1, 4, 5, 6	Горизонтально-фрезерный 6Р82		3.245
Прошивка	1, 4	Пресс П6324		0,684

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

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

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

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

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

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

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

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

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

$$z_{3max} = z_{3min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = 0,422 \text{ мм.}$$

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

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1max} + z_{1min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2max} + z_{2min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм} \gg [21].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

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

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

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (9) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Выполняем расчеты.

$$d_{4 \text{ min}} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ max}} = 32,018 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

$$d_{\text{то ср}} = 0,5 \cdot (d_{\text{то max}} + d_{\text{то min}}) = 0,5 \cdot (33,389 + 33,229) = \\ = 33,309 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

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

Припуски на обработку для остальных поверхностей выбираем с использованием таблиц статистических данных [19] и, используя их, рассчитываем соответствующие размеры заготовки. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Номинальный размер, мм	Суммарный припуск на обработку, мм	Расчетный размер заготовки, мм
Ø24	0,9	Ø25,8
Ø32	0,9	Ø33,8
Ø99,2	0,9	Ø101
22	0,9	22,9
46	0,9	46,9
28	0,9	28,9

Далее определяем параметры заготовки по данным [7]. «Получаем следующие характеристики: точность Т4, сложность С1, сталь группы 2, разъем штампа плоский. При таких данных индекс для определения допусков на размеры поверхностей 7» [7]. «Смещение по поверхности разъёма штампов 0,2 мм, изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности 0,4 мм, минимальная величина радиусов скруглений 2,5 мм, величина остаточного облоя 0,7 мм, отклонения от соосности 0,01 мм» [7]. Все основные параметры заготовки, а также сама спроектированная заготовка представлены в виде чертежа в графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

«План изготовления проектируется на основе маршрутов изготовления, которые в условиях среднесерийного типа производства формируются на основе типовых маршрутов содержащихся в литературе» [13]. При их формировании следует учитывать особенности формируемых поверхностей детали, то есть их точность, шероховатость, требуемую твердость. Достижение заданных параметров происходит поэтапно, что объясняется необходимостью обеспечения экономической целесообразности и техническими ограничениями применяемых методов обработки» [14]. Сформированный маршрут изготовления шестерни приведен в таблице 5.

Таблица 5 – План изготовления

№ оп.	Наименование операции	Условное обозначение баз	Оборудование	Приспособление	T _к , мин
005	Токарно-револьверная	1, 4	Токарно-револьверный 1П365	Специальное приспособление	4.764
010	Токарная с ЧПУ	2, 3	Токарный TUR50SN	Специальное приспособление	14.91
015	Горизонтально-протяжная	1, 4	Горизонтально-протяжной 7Б56	Специальное приспособление	0.58
020	Слесарная		Слесарный верстак		0.28
025	Сверлильная с ЧПУ	1, 2, 5	Сверлильный 2Р135Ф2	Специальное приспособление	17.9
030	Горизонтально-фрезерная	1, 4, 5, 6	Горизонтально-фрезерный А662		4,716
035	Горизонтально-фрезерная	1, 4, 5, 6	Горизонтально-фрезерный А662		3.245
040	Прошивка	1, 4	Пресс П6324		0,684

Чтобы «сформировать план изготовления детали - одинаковые методы обработки с одинаковыми достигаемыми параметрами точности и

шероховатости объединяются в одну операцию. Для каждой операции формируется эскиз ее выполнения, на котором определяются все обрабатываемые поверхности, наносится схема базирования и выполняемые на операции размеры. Кроме этого на плане изготовления указываются допуски на операционные размеры, а также допуски формы и расположения поверхностей, назначаемые по методике и справочным данным» [18].

«На первых операциях, количество которых обычно находится в пределах от 1 до 3, планируют обработку поверхностей, составляющих комплект чистовых баз. Поскольку у заготовки ещё нет обработанных поверхностей, то на этой стадии проектирования выбирают комплект черновых технологических баз» [18].

«Затем проектируют операции для черновой обработки детали. При этом рекомендуется предусматривать сначала обработку неответственных, а потом ответственных деталей» [18].

«На следующих операциях планируют чистовую, а при отсутствии термообработки и отделочную обработку ответственных поверхностей. Операции по обработке второстепенных поверхностей (отверстий, резьбовых отверстий, лысок и т.д.) распределяют между основными или их выносят в конец перед термообработкой» [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

При выборе средств технического оснащения технологического процесса обработки детали особое внимание уделялось унификации средств технического оснащения. Это играет важную роль в обеспечении гибкости и адаптивности технологического процесса. Когда речь идет о автоматизации технологической подготовки производства деталей, первым вопросом

становится унификация конструктивно-технологических элементов детали с одной стороны и оборудования, инструментов для обработки и контроля.

Однако кроме унификации для серийного производства, особые условия для выбора средств технического оснащения обработки детали определяются программой выпуска, видами выполняемых операций, используемым оборудованием, технологическим оснащением и инструментами.

«Оборудование должно обеспечивать выпуск всей номенклатуры изделий, изготавливаемых на производстве, иметь минимально необходимую мощность, иметь минимальные габариты, отвечать требованиям по надежности, обеспечивать требуемую скорость перенастройки. Выбор конкретных моделей станочного оборудования произведем с использованием данных» [10, 22].

«Станочная оснастка должна быть универсальной, обладать возможностью переналадки на выпуск новых одностипных деталей, желательно обеспечивать выпуск всей номенклатуры выпускаемых деталей, отвечать требованиям по надежности, обеспечивать требуемую скорость перенастройки. Выбор конкретных моделей станочной оснастки произведем с использованием данных» [22, 23].

«Металлорежущий инструмент должен обеспечивать заданную точность и производительность обработки, обладать необходимой стойкостью, быть быстро переналаживаемым. Выбор конкретных типоразмеров инструмента произведем с использованием данных» [2, 22].

«Контрольные средства должны обеспечивать заданную точность контроля, отвечать требованиям по безопасности эксплуатации, надежности и универсальности. Выбор типов и моделей контрольных средств произведем с использованием данных» [3, 22].

Результаты выбора оборудования и технологической оснастки представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

№ оп.	Оборудование	Приспособление	T _к , мин
005	Токарно-револьверный 1ПЗ65	Специальное приспособление	4.764
010	Токарный TUR50SN	Специальное приспособление	14.91
015	Горизонтально-протяжной 7Б56	Специальное приспособление	0.58
020	Слесарный верстак		0.28
025	Сверлильный 2Р135Ф2	Специальное приспособление	17.9
030	Горизонтально-фрезерный А662		4,716
035	Горизонтально-фрезерный А662		3.245
040	Пресс П6324		0,684

На основании полученных результатов вносим соответствующие коррективы в маршрут обработки детали при необходимости, вносим данные в маршрутную карту и операционные карты (приложение А). В дальнейшем при проектировании технологических операций данные по оборудованию, оснастке и режущему инструменту также будут использоваться.

2.4 Проектирование операций технологического процесса

При проектировании технологических операций необходимо установить, с какими режимами выбранное ранее для изготовления детали станочное оборудование, механизированное станочное приспособление, оснастка и режущий инструмент будут функционировать. В зависимости от типа, метода и последовательности механической обработки для каждого технологического перехода и операции определяются такие параметры, как усилие резания, моменты и силы, возникающие в процессе обработки, а также определяются настроечные размеры для конфигурирования оборудования.

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

«По статистическим данным назначается подача на выполнение операций с учетом стандартных подач доступных на используемом оборудовании» [16].

«Затем определяется скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

где V_T – 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].

«Затем полученное значение частоты вращения округляют до ближайшего по паспорту станка и пересчитывают заново скорость резания, которую и принимают за фактическую» [16].

«Нормы на выполнение операций определяются с применением расчетно-аналитического метода» [20]. «Согласно данной методике сначала рассчитывается длина рабочего хода инструмента на всю операцию по формуле:

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

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Затем, определяется основное время на обработку по формуле:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

«Режимы резания и нормирование технологических операций выполняются для каждой операции механической обработки технологического процесса с учетом их структуры, технических возможностей и конструктивных особенностей применяемого оборудования, технологической оснастки и режущего инструмента» [16]. Полученные результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы резания и нормирование технологических операций

№ операции	Наименование операции	M_p	M_n	η_z	η_o
005	Токарно-револьверная	0.061	1	0.061	0.375
010	Токарная с ЧПУ	0.19	1	0.19	0.826
015	Горизонтально-протяжная	0.0007	1	0.0007	0.836
020	Слесарная	0.0003	1	0.0003	0.932
025	Сверлильная с ЧПУ	0.229	1	0.229	0.85
030	Горизонтально-фрезерная	0.0604	1	0.0604	0.159
035	Горизонтально-фрезерная	0.041	1	0.041	0.151
040	Прошивка	0.0008	1	0.0008	0.95

На основании определенных режимов резания выполним нормирование технологических операций техпроцесса изготовления детали. Исходные для

расчета это геометрия детали, заданная согласно чертежа, размеры заготовки, которая была спроектирована ранее, и режимы резания.

При выполнении операций точения, фрезерования, шлифования и сверления на металлорежущих станках, основное (технологическое) время каждого перехода определяется на основе предполагаемого расчетного расстояния, которое инструмент должен пройти относительно заготовки в процессе обработки (приложение А).

«Произведены расчеты необходимых размеров заготовки и выполнен чертеж (приложение А). Определена последовательность обработки поверхностей детали и разработан оптимальный технологический маршрут обработки» [16]. Технологические подробности указаны в приложении Б (План обработки детали), приложении В (Маршрутная карта) и приложении Г (Операционные карты).

Были подобраны специальные средства оснащения, станки и инструменты для каждой операции. Исходя из этого, были определены припуски и допуски на каждую поверхность. Определено содержание технологических операций. Для самой точной поверхности был вычислен оптимальные режимы резания с помощью расчетно-аналитического метода для каждого перехода. Для остальных операций режимы резания были определены в соответствии с справочными нормативами. Были выполнены технически обоснованные расчеты для установления норм времени на каждую операцию. Для суммарное время на обработку составило 55,085 минут.

В ходе разработки данного раздела произведен выбор и проектирование заготовки, разработан план изготовления детали, произведен выбор оборудования и технологической оснастки, спроектированы операции технологического процесса. То есть, задачу разработки технологии изготовления детали на базе типового технологического процесса можно считать выполненной.

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка станочного приспособления

«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. Устранение данного недостатка возможно путем проектирования приспособления для данной операции с механизированным приводом при помощи методики и данных» [9], [26].

При выполнении фрезерной операции для образования поперечного паза необходимо специальное приспособление. Оно имеет неподвижный корпус, который крепится к столу станка. Усилием для зажима клиньев служит стандартный пневмопривод.

Для определения суммарной погрешности воспользуемся такой формулой:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \cdot \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{ст.}^2 + \varepsilon_{и.и.}^2}, \quad (15)$$

где, ε_y это погрешность установки и вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (16)$$

ε_{δ} это погрешность базирования, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_3 это погрешность закрепления, определяется по формуле:

$$\varepsilon_3 = (Y_{max} - Y_{min}) \cdot \cos \alpha, \quad (17)$$

ε_{np} это погрешность положения приспособления, которая зависит от погрешности изготовления и сборки установочных элементов приспособления ε_{yc} (выбираем значение для серийного производства, $\varepsilon_{yc}=15$ мкм); погрешности износа опорных элементов ε_u (принимаем $\varepsilon_u=I=20$ мкм); погрешности установки приспособления на станке ε_c (принимаем $\varepsilon_c=10$ мкм) и рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{3 \cdot \varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2} + \varepsilon_{yc}, \quad (18)$$

где, ε_{cm} это погрешность станка в ненагруженном состоянии, для фрезерного станка принимается $\varepsilon_{cm}=10$ мкм;

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_y = \sqrt{3 \cdot 20^2 + 10^2} + 15 = 35 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{u.u.}$ это погрешность, вызываемая размерным износом режущего инструмента, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{u.u.} = h_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (19)$$

где допустимый износ режущего инструмента принимаем $h_3=0,8$ мм; и задний угол инструмента $\alpha=10^\circ$;

$$\varepsilon_{u.u.} = 0.8 \cdot \operatorname{tg} 10 = 0.14 \text{ мм.}$$

Принимаем коэффициент, определяющий зависимость от числа слагаемых, $K=1$.

Подставляем значения и находим суммарную погрешность. Угол $\alpha = 90^\circ$, и погрешность закрепления в таком случае равна нулю, $\varepsilon_3 = 0$:

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1 \cdot \sqrt{0,035^2 + 0,01^2 + 0,14^2} = 0,021 \text{ мм.}$$

Точность изготовления соблюдается в том случае, если суммарная погрешность меньше допуска:

$$\varepsilon_{\Sigma} < iT, \quad (20)$$

$0,021 < 0,054$ (мм), а следовательно условие выполняется.

Вычисляем запас точности по формуле:

$$\Delta T = iT - \varepsilon_{\Sigma} = 0,054 - 0,021 = 0,033 \text{ мм.} \quad (21)$$

На рисунке 2 показана схема закрепления детали в приспособлении.

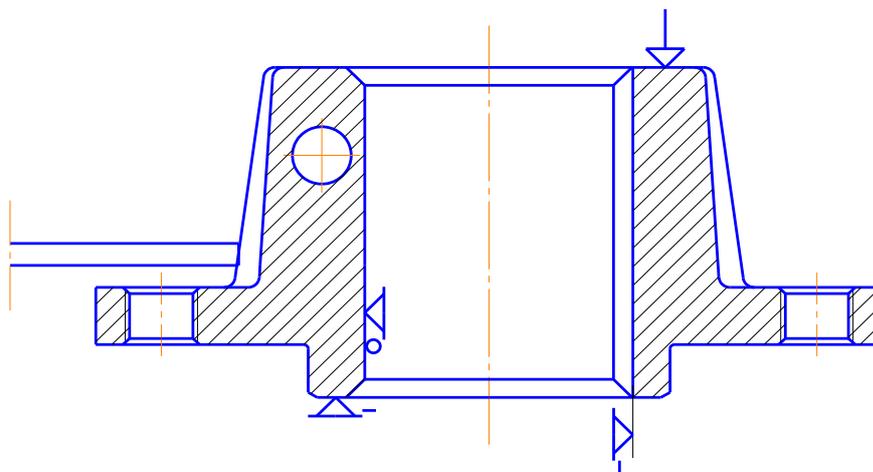


Рисунок 2 – Схема закрепления детали

«В процессе обработки заданной поверхности (фрезерования паза) на заготовку и элементы приспособления будут действовать: сила резания P_z сила Q закрепления, а также установочными элементами, препятствующие взаимному смещению и провороту заготовки» [16]. «Для компенсации возможных случайных отклонений силы резания от ее номинального значения введем коэффициент запаса $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$. Численное значение, которого определим исходя из конкретных условий обработки» [2]. «Для условий фрезерования коэффициенты K_1, K_3, K_4, K_5, K_6 можно применять равными единице. Коэффициент, учитывающий затупление, режущего инструмента при фрезеровании - $K_2=1,2$; гарантированный коэффициент запаса - $K_0=1,5$ » [16]. «Таким образом, с учетом значений составляющих, величина коэффициента запаса

$$K = 1.5 \cdot 1.0 \cdot 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.87$$

Для определения усилия закрепления необходимо определить усилия резания» [16]. Усилия резания при фрезеровании паза.

Принимаем режимы резания: $V=50\text{м/мин}$ $t=40\text{мм}$ $S_{\text{мин}}=0.05\text{мм/зуб}$ $n=50\text{об/мин}$. Значение поправочных коэффициентов составляет $C_p = 261$ $x = 0.9$ $y = 0.8$ $n = 1.1$ $w = 0.1$ $q = 1.1$ $z = 64$ $K_{mp} = 0.3$. Таким образом, используя выражения для расчета силы резания в разделе 2 работы и подставив исходные данные, сила резания P_z составит 1475.058 кН.

Определим максимальный момент при котором возможен срыв заготовки образуется при фрезеровании продольного паза на врезании. Используем условие равновесия моментов:

$$M = P_z \cdot 0.08 - 2 \cdot P_o \cdot 0.095, \quad (22)$$

Выполним расчеты.

$$P_o = 0.42 \cdot 1475.058 = 620 \text{ Н}$$

$$P_z = P_o \cdot K = 620 \cdot 1.87 = 1160 \text{ Н}$$

Усилие закрепления прилагаемое на заготовку в двух точках составило $Q = 1160H$.

«Назначение привода в приспособлении - создание исходной силы Q для зажимного устройства. Привод представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую» [16].

«Преимуществами пневмопривода являются: простота конструкции, надёжность в работе, простота в управлении, быстроедействие, низкая стоимость» [16].

Пневмопривод работает при давлении сжатого воздуха 0,39 МПа (4 кгс/см²).

Определяем диаметр поршня пневмоцилиндра по известной величине осевой силы на штоке пневмопривода.

$$Q = p \cdot \frac{\pi \cdot [D^2 - d^2]}{4} \cdot \eta, \quad (23)$$

где P - давление сжатого воздуха, Па

D - диаметр поршня, м

d - диаметр штока, м

η - к. п. д.

Выразив параметр D и подставив исходные данные выражения (23) выполним расчеты.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1160}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,9}} = 13,107 \text{ см} = 131 \text{ мм}$$

Принимаем стандартный диаметр поршня равным $D=150$ мм. Диаметр штока в четыре раза меньше диаметра поршня и равен $d = 37.5$ мм.

Определим действительную осевую силу по найденным стандартным диаметрам поршня и штока выполнив расчет согласно (23):

$$Q = 0,39 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,150^2 - 0,0375^2)}{4} \cdot 0,9 = 2056,64 \text{ Н} = 2,056 \text{ кН}$$

Приспособление работает следующим образом. «Для закрепления заготовки необходимо подать рабочее давление жидкости в правую полость гидроцилиндра. В результате чего поршень и шток начнут перемещаться влево и тянуть за собой тягу и центральную втулку. Постоянные кулачки, соединенные со сменными кулачками, начнут движение к центру патрона по пазу клинового зажимного механизма. Произойдет закрепление заготовки. Для раскрепления рабочее давление жидкости нужно подать в левую полость гидроцилиндра и система вернется в исходное положение» [16]. Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б.

Спроектированное приспособление обеспечивает механизацию закрепления и отвечает требованиям по точности установки, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой.

3.2 Разработка режущего инструмента

С целью обеспечения оптимального качества обработки и максимальной износостойкости проведем проектирование фрезы дисковой для наружного фрезерования на станке с ЧПУ с использованием методики и справочных данных [9, 17]. Расчетная модель фрезы показана на рисунке 3.

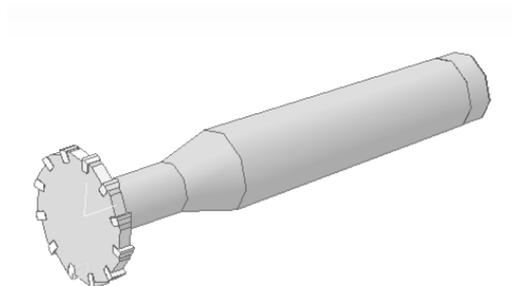


Рисунок 3 – Расчетная модель фрезы

Расчет длины рабочего хода $L_{p.x}$. в мм и средней ширины фрезерования b_{cp} в мм, равна 4 мм согласно чертежа детали:

$$L_{p.x} = L_{рез} + y + L_{доп}, \quad (24)$$

где $L_{рез}$ – длина резания равная длине обработки, измеренной в направлении резания, $L_{рез} = 20$ мм;

y – длина подвода, врезания и перебега инструмента, $y = 10$ мм, ([1], стр.73, стр. 301-302, приложение 3);

$L_{доп}$ – дополнительная длина хода, вызванная в ряде случаев особенностями наладки и конрисурации детали;

F – площадь фрезеруемых поверхностей, $F = 355$ мм².

Выполним расчеты.

$$L_{p.x} = 20 + 10 + 0 = 30 \text{ (мм)}$$

Определение рекомендуемой подачи на зуб фрезы по нормативам s_z в мм/зуб, [1]. Исходные данные. Обрабатываемый материал и его твердость: Латунь ЛЦ40С ГОСТ 17711-93, 90...110 НВ. Тип фрезы: дисковая. Инструментальный материал: твердый сплав ВК30. Глубина резания t , ширина фрезерования b , диаметр фрезы D : $t = 20$ мм, $b = 4$ мм, $D = 125$ мм. Выбираем $s_z = 0,2$ мм/зуб.

Определение стойкости инструмента по нормативам T_p в минутах резания, [1]. Исходные данные. Тип фрезы и ее диаметр: дисковая фреза, $D = 125$ мм. Инструментальный материал: твердый сплав ВК30. Коэффициент времени резания λ :

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{p.x}} = \frac{20}{30} \approx 0,667, \quad (25)$$

где $L_{рез}$ – длина резания равная длине обработки, измеренной в направлении резания, $L_{рез} = 20$ мм;

$L_{p.x}$ – длина рабочего хода фрезы.

$$T_p = K_\phi \cdot T_M \cdot \lambda, \quad (26)$$

где T_M – стойкость инструмента наладки, т.е. фрезы, $T_M = 200$ (мин);

λ – коэффициент времени резания каждого инструмента, равный отношению длины резания $L_{рез}$ инструмента к длине рабочего хода стола $L_{p.x}$;

K_ϕ – коэффициент, учитывающий количество инструментов в наладке, ([1], стр.87, карта Ф-3).

Выполним расчеты.

$$T_p = 1 \cdot 200 \cdot 0,667 = 133,4 \text{ (мин)}$$

Расчет скорости резания v в м/мин, частоты вращения шпинделя n в минуту, минутной подачи s_m в мм/мин, [1].

Исходные данные. Обработываемый материал и его твердость: Латунь ЛЦ40С ГОСТ 17711-93, 90...110 НВ. Тип фрезы и ее материал: дисковая фреза, твердый сплав ВК30. Диаметр фрезы D и число зубьев z_u : $D = 125$ мм, $z_u = 12$. Подача на зуб s_z : $s_z = 0,2$ мм/зуб. Глубина резания t , ширина фрезерования b : $t = 20$ мм, $b = 4$ мм. Стойкость $T_p = 133,4$ мин.

Далее выполним определение рекомендуемой нормативами скорости резания, [1].

Для дисковой фрезы со вставными ножами из твердого сплава $v = 600$ - 800 м/мин. Принимаем $v = 700$ м/мин.

Далее выполним расчет частоты вращения шпинделя, соответствующего рекомендуемой скорости резания и его уточнение:

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 700}{3,14 \cdot 125} = 1783,5 \text{ об/мин}; \quad (27)$$

Принимаем $n = 1368$ об/мин.

Выполним уточнение скорости резания по принятым оборотам вращения шпинделя:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 1368}{1000} = 537 \text{ м/мин}; \quad (28)$$

Выполним расчет минутной подачи по принятому значению частоты вращения шпинделя:

$$s_M = s_z z_u n = 0,2 \cdot 12 \cdot 1368 = 3283 \text{ мм/мин} \approx 3,3 \text{ м/мин} \quad (29)$$

Рассчитываем основного машинного времени обработки t_M в мин на комплект (комплект включает все детали, установленные на столе станка) [1].

Исходные данные длина рабочего хода фрезерной головки $L_{o.p.x}$, $L_{o.p.x}=500$ мм. Принятая минутная подача s_M , $s_M = 3283$ мм/мин.

$$t_M = \frac{L_{o.p.x}}{s_M} = \frac{500}{3283} = 0,15 \quad (30)$$

Определение подачи на зуб фрезы s_z в мм/зуб по принятым режимам резания [1]. Исходные данные число зубьев фрезы z_u : $z_u = 12$. Принятая минутная подача s_M , $s_M = 3283$ мм/мин. Установленная частота вращения шпинделя n , $n = 1368$ об/мин.

$$s_z = \frac{s_M}{n z_u} = \frac{3283}{1368 \cdot 12} = 0,2 \text{ мм/зуб}. \quad (31)$$

Выполняем проверочные расчеты по мощности резания [1]. Исходные данные обрабатываемый материал. Латунь ЛЦ40С ГОСТ 1771-93, и его твердость НВ 90...110. Тип фрезы и число зубьев z_u : дисковая, $z_u = 12$; 3). Материал инструмента: твердый сплав ВК30. Максимальная ширина

фрезерования b_{\max} , $b = 4$ мм. Глубина резания t , $t = 20$ мм. Скорость резания v , $v = 537$ м/мин. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}$, $N_{\text{дв}} = 4$ кВт. К.п.д. станка $\eta = 0,8$. Допустимый по прочности для данного частоты вращения шпинделя крутящий момент $M_{\text{кр}} = 3200$ Нм.

Определение осевой силы резания P в Н по нормативам [1]:

$$P = P_{\text{табл}} K_p, \quad (32)$$

где $P_{\text{табл}}$ – табличное значение осевой силы резания, $P_{\text{табл}} = 500$ Н;

K_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, $K_p = 1$.

Выполним расчеты.

$$P_0 = 500 \cdot 1 = 500 \text{ Н}$$

Далее выполним определение по нормативам потребной мощности $N_{\text{рез}}$ в кВт([1]):

$$N_{\text{рез}} = E \frac{vtz_u}{1000} K_1 K_2 \quad (33)$$

где E – величина, определяемая по таблице [1], $E = 0,3$;

v – скорость резания в м/мин, $v = 537$ м/мин;

t – глубина резания в мм, $t = 20$ мм;

z_u – число зубьев фрезы, $z_u = 12$;

b_{\max} – максимальная ширина фрезерования $b = 4$ мм;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемости материала, [1], $K_1 = 0,52$;

K_2 – коэффициент, зависящий от типа фрезы и скорости резания (для твердосплавных фрез), [1], $K_2 = 0,75$.

Выполним расчеты.

$$N_{\text{рез}} = 0,3 \frac{537 \cdot 20 \cdot 12}{1000} 0,39 \cdot 0,23 \approx 3,5 \text{ кВт.}$$

По итогам расчета параметров спроектированной фрезы выполняется проверка по мощности двигателя $N_{дв}$:

$$N_{рез} \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta, \quad (34)$$

Выполним проверку условия.

$$3,5 \leq 1,2 \cdot 4 \cdot 0,8$$

$$3,5 \leq 3,84$$

Условие выполняется.

Корпус фрезы имеет небольшие габаритные размеры. При этом у детали имеются удобные базовые поверхности для установки детали в приспособлении и её закреплении. Но большая часть поверхностей, подлежащих обработке располагается не перпендикулярно к базовым плоскостям, а под различными углами, что повышает трудоёмкость её механической обработки и требует применения специальной оснастки.

Не ко всем обрабатываемым поверхностям имеется свободный доступ режущим и мерительным инструментом. Также у детали одно глухое резьбовое отверстие малого диаметра, что способствует снижению её технологичности. Поэтому для удобства механической обработки и повышения технологичности детали внесём изменения в её конструкцию, выполняя отверстие сквозным. Такое применение имеет несколько преимуществ. Такая фреза дисковая обладает более высокой эффективностью. Она способна быстро и точно обрабатывать материалы, сокращая время, требуемое для выполнения работ. Это особенно важно в процессе многономенклатурного производства.

Благодаря особой конструкции, такая фреза способна обрабатывать материалы с высокой точностью и чистотой. Она создает ровные поверхности и позволяет получить требуемую форму детали. Это особенно полезно в процессе изготовления прецизионных деталей.

Она изготавливается из прочных материалов и способна выдерживать высокие нагрузки и интенсивное использование. Это позволяет использовать фрезу дисковую в тяжелых условиях и в экстремальных ситуациях.

Кроме того, фреза дисковая отличается универсальностью. Она может быть использована для обработки различных материалов, включая металлы, древесину, пластмассу и другие. Это позволяет экономить время и деньги на покупке и использовании различных инструментов.

Наконец, фреза дисковая проста в использовании. Имеется возможность обработки некоторых, наибольших по площади плоскостей на проход. Одно из цилиндрических отверстий также позволяет вести обработку на проход.

Но зато данный корпус фрезы имеет достаточную жёсткость и твёрдость, что способствует повышению технологичности.

Из всего выше сказанного делаем вывод о том, что корпус проектируемого инструмента достаточно технологичен.

Конструкция фрезы 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. С целью устранения выявленных недостатков спроектировано приспособление для фрезерования и фреза дисковая для выполнения фрезерной 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 детали матрица является важной задачей. Ее решение основано на анализе выполняемых технологических операций, используемого оборудования, материалов веществ и средств оснащения. Данную информацию представим в виде паспорта (таблица 8), составленного на основе рекомендаций» [6].

Таблица 8 – 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 матрицы	фрезерная	оператор станков с числовым программным управлением	вертикально фрезерный чпумetal mark vf5150	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	расточная	оператор станков с числовым программным управлением	станок координатно-расточной 2д450аф2	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]

Из представленного технического паспорта процесса обработки детали можно сделать вывод, что технология изготовления матрицы характеризуется широким использованием числового программного управления и программно управляемых станков. Это, в свою очередь, требует применения

соответствующего технического оснащения и специальных охлаждающих жидкостей для выполнения операций.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведем анализ информации из таблицы 8 с целью определения потенциально опасных и вредных факторов на рассматриваемом производственном участке в процессе производства матрицы. Опасные и вредные производственные факторы представляют собой условия или процессы, которые могут нанести вред здоровью работников или окружающей среде. Эти факторы могут быть физическими, химическими или биологическими. Результаты приведем в таблице 9.

Таблица 9 – 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
фрезерная расточная	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	станок, средства оснащения, транспорт»[6]

Продолжение таблицы 9

«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 акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	станок, средства технологического оснащения, технологический транспорт
	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 9 опасные и вредные факторы позволяют сделать заключение, что технологическое оборудование и средства технологического оснащения являются главными источниками опасных и вредных факторов, которые могут нанести ущерб работникам производства и оказать негативное влияние на качество выполняемых работ.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В данном разделе необходимо разработать специальные мероприятия и выбрать подходящие технические средства, которые помогут устранить или снизить негативное воздействие опасных и вредных производственных факторов. Полученные результаты приведены в таблице 10.

Таблица 10 – 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 10

«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 характеризующиеся 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, а также электрического разряда живых организмов	инструктаж по охране труда, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, система аварийного отключения оборудования, средства изоляции	спецодежда
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 с нагрудником
физическая динамическая нагрузка	инструктаж по охране труда, периодические регламентируемые перерывы	—
стереотипные рабочие движения	инструктаж по охране труда, регламентируемые перерывы» [6]	—

Использование приведенных мероприятий, указанных в таблице 10, позволит снизить риск травматизма и возникновения профессиональных заболеваний.

Таким образом, в данном разделе выполнено изучение содержания вредных и опасных производственных факторов оборудования, на участке изготовления матрицы, и рассмотреть вопросы безопасности обеспечения технологического процесса в контексте реальных условий производства. Были идентифицированы источники возникновения этих факторов. Были разработаны специальные меры безопасности и выбраны соответствующие технические средства с целью снижения воздействия выявленных опасных и вредных факторов.

Исходя из предоставленных данных, можно выделить несколько возможных опасных и вредных производственных факторов. Первым из них является использование химических веществ в процессе изготовления матрицы. Источниками таких факторов могут быть химические вещества, используемые в производстве, а также неправильное обращение с ними или нарушение техники безопасности при их использовании.

Еще одним опасным фактором на производстве матриц может быть шум. Возможно, на рассматриваемом участке есть оборудование, которое производит громкие звуки в процессе работы. Это может оказывать негативное воздействие на слух работников и вызывать проблемы со здоровьем. Источником данного фактора могут быть шумные машины или процессы, не снабженные адекватной звукоизоляцией.

Также следует обратить внимание на возможность возникновения различных травматических повреждений на рабочем месте. Данный фактор может проявиться в виде порезов, ушибов или зажатий пальцев в процессе работы с механическими инструментами или машинами. Источником таких факторов могут быть неправильное использование инструментов, отсутствие или несоответствие защитных средств, а также невнимательность или несоблюдение инструкций по безопасности со стороны работников.

Для предотвращения опасных и вредных производственных факторов необходимо проводить регулярных инструктаж персонала по противопожарной безопасности, а также установку систем вентиляции и звукоизоляции.

Кроме того, необходимо проводить регулярные инструктажи и обучения сотрудников, чтобы они понимали все риски и знали, как правильно использовать инструменты и оборудование, а также соблюдать меры безопасности. Работники должны быть осведомлены о правилах обращения с химическими веществами и применять их в своей работе.

Кроме перечисленных факторов, такие как механические травмы, радиационные и электромагнитные излучения, а также психологические нагрузки и стресс, могут также быть опасными и вредными на рабочем месте.

В целях защиты работников и обеспечения безопасных рабочих условий, организации должны проводить оценку рисков, обучать персонал по безопасности и здоровью, а также обеспечивать доступными средствами индивидуальной и коллективной защиты.

В заключение, анализ технологического процесса определения опасных и вредных производственных факторов, а также выявление источников, которые могут вызывать эти факторы, является важной задачей для обеспечения безопасности и предотвращения возможных рисков на производственном участке изготовления матрицы. Комплексная система мер по предотвращению этих факторов и обучению сотрудников поможет обеспечить безопасность и сохранение здоровья работников.

5 Экономическая эффективность работы

«Основная цель раздела заключается в оценке технико-экономических показателей, связанных с разработкой нового технологического процесса для изготовления матрицы штампа, а также проведении сравнительного анализа с базовым вариантом. Основная задача состоит в выявлении экономического эффекта, возникающего в результате внедрения предлагаемых технических решений» [12]. В результате выполнения этапов проектирования технологических операций. При этом на фрезерной операции 050 используется специальное оборудование, которое позволяет осуществлять точную обработку деталей. Также на данной операции применяется станочное оснащение, которое включает в себя различные приспособления и инструменты для обработки материалов.

На фрезерной операции 050 используются интенсивные режимы резания. Они определяются в зависимости от материала и формы детали, а также требований к качеству обработки. Режимы резания включают в себя скорость подачи, глубину и ширину резания, новый тип применяемого на данной операции инструмента и другие параметры.

Эти изменения позволили сократить время выполнения осуществляемых операций, что свидетельствует о технологической эффективности комплекса изменений базовой технологии. Однако, необходимо также подтвердить экономическую эффективность, данных мероприятий, что и будет осуществлено в данном разделе.

«Взяв за основу предыдущие разделы бакалаврской работы, были выбраны необходимые технические параметры, включая основное и штучное время, марку и модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 050-080. Далее для расчетов учитываются также дополнительные параметры, такие как мощность и занимаемая площадь оборудования, цены на оснастку и инструмент, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и прочее» [12]. Вся информация о этих

параметрах была взята из источника. Исходные данные также включают в себя данные из «паспорта станка, информацию о тарифах на энергоносители, предоставленную предприятием, веб-сайты, содержащие цены на оборудование, оснастку и инструменты» [12], а также другие первоначальные данные.

Кроме использования указанных источников, расчеты проводились с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. 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 2132468,41 рублей.

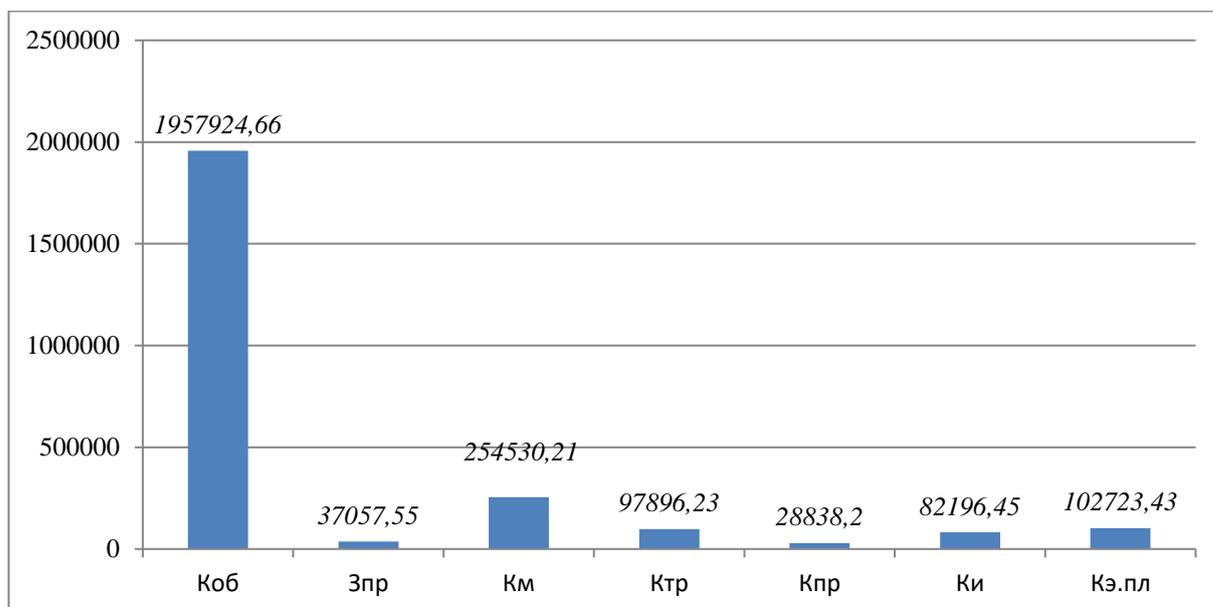


Рисунок 4 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

«Изучение данных, представленных на диаграмме 5, позволяет сделать вывод, что основное технологическое оборудование является самыми затратными статьями расходов, составляющими 76,45% от общей суммы капитальных вложений. Все остальные затраты не превышают 10% от общей суммы затрат» [12].

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

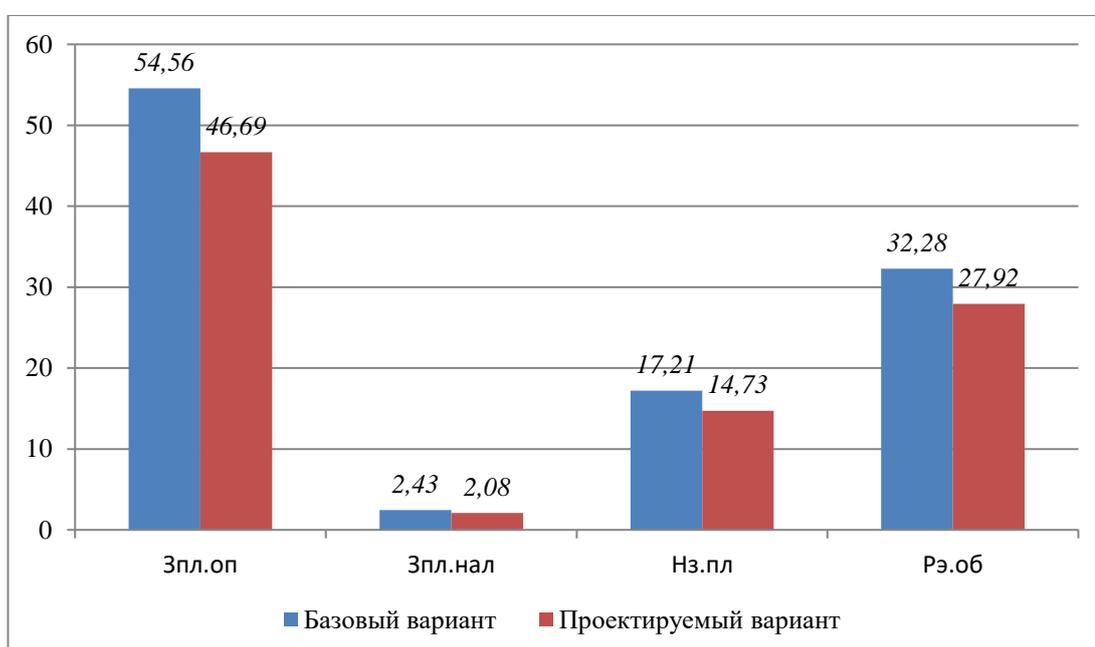


Рисунок 5 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали, по вариантам, руб.

«Проведенный анализ показал, что основные материалы, за вычетом отходов, не были использованы для определения указанного параметра на рисунке 6. Это объясняется тем, что в ходе совершенствования технологического процесса не было сделано никаких изменений в способе получения заготовки. Поэтому данная величина остается постоянной и не окажет влияния на определение разницы в себестоимости между вариантами» [12].

«При анализе диаграммы на рисунке 6 видно, что две наиболее значимые составляющие технологической себестоимости - это заработная плата оператора (ЗПЛ.ОП) и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Зарплата оператора покрывает оплату труда рабочих операторов, занятых в указанных операциях. Доля этой составляющей составляет 51,25% от общей себестоимости в базовом варианте и 51,08% в проектируемом варианте. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования составляют 30,31% от общей технологической себестоимости в базовом варианте и 30,54% в проектируемом варианте» [12].

«Рисунок 6 показывает результаты расчета полной себестоимости обработки детали в соответствии с операциями 005-080 технологического процесса, полученные на основе предоставленных данных» [12].

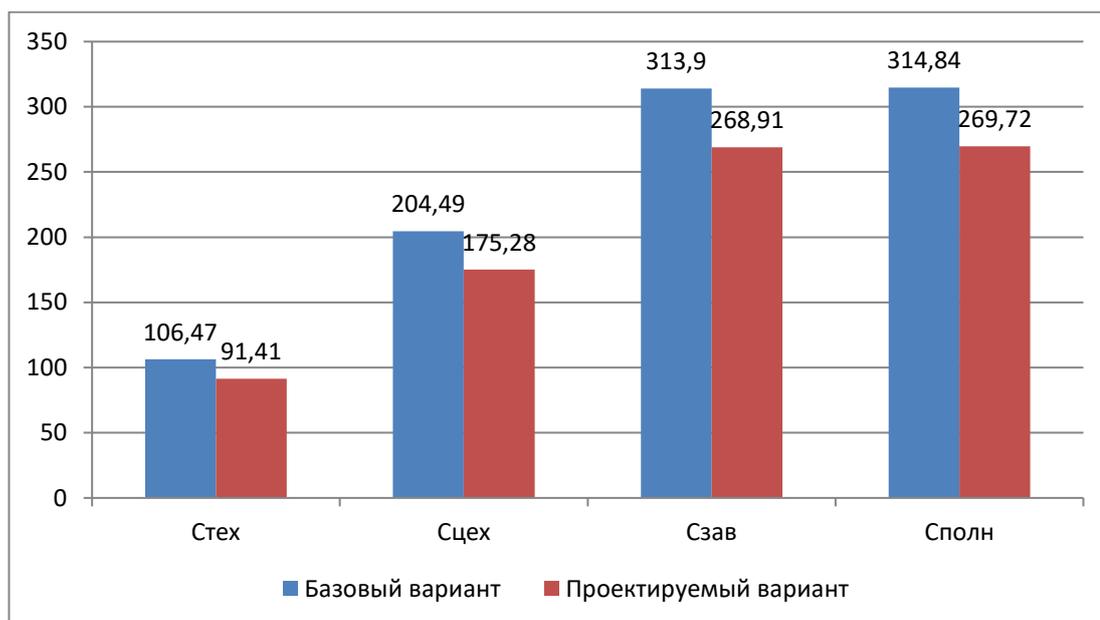


Рисунок 6 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

Согласно данным из рисунка 7, полная себестоимость для базового варианта составляет 324,84 рубля, в то время как для проектируемого варианта она составляет 279,72 рубля. Иными словами, базовый вариант требует затрат на себестоимость в размере 324,84 рубля, в то время как проектируемый

вариант требует затрат на себестоимость в размере 279,72 рубля.

Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, которые составляют 2261566,74 рублей, окупятся в течение 3-х лет. Это означает, что в течение 3-х лет эти вложения смогут принести прибыль и компенсировать затраты на проект.

Интегральный экономический эффект проекта в работе представляет собой сумму всех положительных изменений, которые происходят в производственном процессе благодаря успешному этапу проекта в предметной области. Включая в себя как прямые, так и косвенные капитальные вложения, он оценивает влияние проекта на различные стороны производства детали, такие как производительность, оснастка, инструмент, научно-технологические инновации.

В данной работе показано, что предложения сделанные в проекте имеют потенциал для создания значительного интегрального экономического эффекта. Прежде всего это внедрение новых технологий и производственных процессов, что повышает эффективность производства и позволяет выпускать продукцию с минимальными издержками. Внедрение технологий высокоскоростной обработки ЧПУ и разработка инновационных решений в области технологического оснащения, позволяет значительно ускорить выпуск готовой продукции в минимальными объемами ручного труда.

Таким образом, предложенные мероприятия в работе демонстрируют свою эффективность, поскольку каждый рубль, вложенный в них, принесет доход в размере 1,28 рубля. Величина интегрального экономического эффекта составляет 523573,64 рубля.

Заключение

В процессе выполнения работы был разработан технологический процесс изготовления детали ступица с учетом указанных характеристик и программы производства. Также было разработано и спроектировано станочное зажимное устройство. На лимитирующей операции применен более прогрессивный режущий инструмент.

Для достижения высокой точности и скорости обработки, повторяемости, оптимального расхода материалов, снижения отходов и исключения брака в процессе изготовления данного изделия было использовано современное высокоточное, и автоматизированное оборудование с ЧПУ. В процессе выполнения работы был разработан технологический процесс изготовления детали - ступица с учетом всех указанных характеристик и программы производства. Этот процесс был разработан с учетом определенных требований и целей, таких как качество, точность, производительность и экономическая эффективность.

После анализа данных и проведения расчетов была определена оптимальная последовательность операций, включающая такие этапы, как обработка на станках с ЧПУ, токарная обработка, фрезерование, прошивка, проверка геометрических параметров и качества детали.

Важным элементом разработанного технологического процесса является обеспечение безопасности на каждом этапе производства детали. Для этого были предусмотрены специальные мероприятия и средства оснащения, а также критерии принятия решений на производстве.

В итоге, можно заявить, что цель работы была достигнута, разработанный нами технологический процесс позволяет достичь высокого уровня качества и эффективности производства детали с учетом заданных характеристик и программы производства.

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: 15.08.2023).
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: 18.09.2023).
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: 15.08.2023).
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: 10.10.2023).
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. Серебrenицкий. – 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: 19.09.2023).

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: 16.08.2023).

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: 12.10.2023).

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: 18.09.2023).

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: 19.08.2023).

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: 09.09.2023).

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: 23.09.2023).

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: 13.08.2023).

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: 07.09.2023).

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: 26.09.2023).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.08.2023).

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: 23.09.2023).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

ГОСТ 3.1118-82 форма 1																
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
Разраб.	Полевой												5	1		
Разраб.	Левашкин															
Н.контр.																
	Технологический процесс изготовления ступицы															
M01	Сталь 35 ГОСТ 1050-74															
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры			КД	МЗ				
M02		КГ	3,73													
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
B	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клт.	Тпз	Тшт.
P					ПИ	D	B	L	t	i	S	N	V	To	Tв	
A03				005	Токарно-револьверная									15	4,764	
B04	1П365															
O05	Установить, закрепить, снять, уложить в тару															
O06	Сверлить отверстие диаметром 50Н14															
T07	Сверло 2301-0166 ГОСТ 10903-77															
P08								25	1		0,28	125	20			
O09	Точить поверхность, выдерживая размеры 1, 2															
T10	Резец 2120-5012 Т15К6															
P11								12	1		0,26	100	57			
O12	Зенковать фаску, выдерживая размер 3															
T13	Зенковка 2353-0139 ГОСТ 14953-80															
P14								4,1	1			100	19			
15																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
2															
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, об. единицы или материала				Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.	
Р					Пи	D	B	L	t	i	S	N	V	To	Tв
A01				010	Токарная с ЧПУ									8	14,91
B02	TUR50SN														
O03	Установить, закрепить, снять, уложить в тару														
O04	Подрезать торец, выдерживая размер 13														
O05	Подрезать торец, выдерживая размер 12														
O06	Расточить отверстие, выдерживая размер диаметр 55F8														
O07	Расточить фаску в размер 1*45														
O08	Точить фаску, выдерживая размеры 2, угол 30														
O09	Точить поверхность, выдерживая размер диаметр 85h8														
10															
A11				015	Горизонтально-протяжная									10	0,58
B12	7Б56														
O13	Установить, закрепить, снять, уложить в тару														
O14	Протянуть шпоночный паз, выдерживая размеры R0.4, 59.3, 16D10														
T15	Протяжка 2405-1107 ГОСТ 18217-80														
P16									1					8	

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
												4			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, об. единицы или материала				Обозначение код									Н. расх.	
Р					Пл	D	B	L	t	i	S	N	V	To	Te
001	<i>Сверлить отверстие, выдерживая размеры Д13Н14, 20, 37</i>														
T02	<i>Сверло 2301-0042 ГОСТ 10903-77</i>														
P03								6,5	1		0,2	250	20,5		
004	<i>Цековать поверхность, выдерживая размеры Д26, 50</i>														
P05								6,5	2		125	29			
006															
A07						<i>030 Горизонтально-фрезерная</i>							15	4,716	
B08	<i>A662</i>														
009	<i>Установить, закрепить, снять, уложить в тару</i>														
010	<i>Фрезеровать паз, выдерживая размеры 30, 5</i>														
T11	<i>Фреза 2254-1366 ГОСТ 2679-73</i>														
P12								50	1		0,06	125	14		
13															
A14						<i>035 Горизонтально-фрезерная</i>							15	3,245	
B15	<i>A662</i>														
016	<i>Установить, закрепить, снять, уложить в тару</i>														

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 форма 16															
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
												5			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, об. единицы или материала				Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.		
Р					Пи	D	B	L	t	i	S	N	V	To	Tв
001	<i>Фрезеровать паз, выдерживая размер 25</i>														
T02	<i>Фреза 2254-1342 ГОСТ 2679-73</i>														
P03								40	1		0.06	125	14		
04															
A05	<i>040 Прошивка</i>													9	0,684
B06	<i>Пресс П6324</i>														
007	<i>Установить, закрепить, снять, уложить в тару</i>														
008	<i>Прошить отверстие в размер диаметр 55F8</i>														
T09	<i>Прошивка 2430-5037</i>														
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

				ГОСТ 3.1105-84 , форма 7			
Дубл.							
Взам.							
Подп.							
						0	1
Разраб.	Полевой			ТГУ			
Пров.	Левашкин						
Н.контр.				Технологический процесс изготовления ступицы			

КЭ	Карта эскизов
-----------	---------------

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

				ГОСТ 3.1105-84 , форма 7			
Дубл.							
Взам.							
Подл.							
						0	1
Разраб.	Полевой			ТГУ			
Пров.	Левашкин						
Н. контр.				Технологический процесс изготовления ступицы			

Technical drawing of a hub (ступица) showing a cross-section and a top view. The cross-section shows a 120-degree chamfered edge and a diameter of 16.8. The top view shows a circular hub with a central hole of diameter 14.5 and six smaller holes of diameter 14, spaced 2 mm apart. The holes are labeled M16-7H.

КЭ	Карта эскизов
-----------	---------------

